



TUGAS AKHIR TF 095565

RANCANG BANGUN *DIFFERENTIAL PRESSURE MONITORING SYSTEM* UNTUK MENGANALISA KEMAMPUAN MEMBRAN REVERSE OSMOSIS PADA MINI PLANT SEAWATER REVERSE OSMOSIS BERBASIS ARDUINO DI WORKSHOP INSTRUMENTASI

Hafiid Haqqu
NRP 2412.031.031

Dosen Pembimbing
Totok Ruki Biyanto, ST, MT, Ph.D
NIP: 19710702 199802 1 001

PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015



FINAL PROJECT TF 095565

**DESIGN DIFFERENTIAL PRESSURE
MONITORING SYSTEM TO ANALYZE THE
ABILITY TO REVERSE OSMOSIS MEMBRANES
MINI PLANT SEAWATER REVERSE OSMOSIS
ARDUINO BASED IN WORKSHOP
INSTRUMENTATION**

**Hafiid Haqqu
NRP 2412.031.031**

Advisor Lecturer
Totok Ruki Biyanto, ST, MT, Ph.D
NIP: 19710702 199802 1 001

Diploma of Metrology and Instrumentasi
Engineering Physics
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh November Institute of Technology
SURABAYA 2015

**RANCANG BANGUN DIFFERENTIAL PRESSURE
MONITORING SYSTEM UNTUK MENGANALISA
KEMAMPUAN MEMBRAN REVERSE OSMOSIS PADA
MINI PLANT SEAWATER REVERSE OSMOSIS BERBASIS
ARDUINO DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

TUGAS AKHIR

Oleh :
Hafid Haqqu
NRP. 2412 031 031



Surabaya, 13 Juli 2015
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing




Totok Ruki Bivanto, ST, MT, Ph.D
NIP. 19710702 199802 1 001

Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS



Dr. Ir. Totok Sochartanto, DEA
NIP. 19650309 199002 1 001

Ketua Program Studi
DIH Metrologi dan Instrumentasi



Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc
NIP. 19620822 198803 1 001

**RANCANG BANGUN *DIFFERENTIAL PRESSURE*
MONITORING SYSTEM UNTUK MENGANALISA
KEMAMPUAN *MEMBRAN REVERSE OSMOSIS* PADA
MINI PLANT SEAWATER REVERSE OSMOSIS BERBASIS
ARDUINO DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**





TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Program Studi DIII Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Hafid Haqqu
NRP. 2412 031 031

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Totok Ruki Biyanto, ST, MT, Ph.D.....  Dosen Pembimbing
2. Fitri Adi Iskandarianto, ST, MT.....  Ketua Penguji
3. Dr. Dhany Arifianto ST, M.Eng.  Dosen Penguji I
4. Arief Abdurrahman ST MT.....  Dosen Penguji II

SURABAYA
JULI 2015

**RANCANG BANGUN *DIFFERENTIAL PRESSURE*
MONITORING SYSTEM UNTUK MENGANALISA
KEMAMPUAN MEMBRAN *REVERSE OSMOSIS* PADA
MINI PLANT SEAWATER *REVERSE OSMOSIS* BERBASIS
ARDUINO DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

Nama Mahasiswa : Hafiid Haquu
NRP : 2412 031 031
**Jurusan : D III Metrologi dan Instrumentasi,
Teknik Fisika FTI-ITS**
Dosen Pembimbing : Totok Ruki Biyanto, ST, MT, Ph.D

Abstrak

Kebutuhan akan air bersih adalah prioritas utama bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Maka *seawater reverse osmosis* merupakan teknologi yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut. *Reverse osmosis* adalah suatu metode penyaringan yang menggunakan tekanan. Proses tersebut menjadikan zat terlarut terendap di lapisan yang dialiri tekanan sehingga didapat zat pelarut murni. Tetapi semakin lama kemampuan menyaring membran *reverse osmosis* akan berkurang akibat material yang mengendap. Oleh karena itu, perancangan *differential pressure monitoring system* untuk menganalisa kemampuan membran *reverse osmosis* sangat penting. Dalam plan ini digunakan sensor tekanan MPX5700AP, *differential pressure* sendiri didapat dari selisih antara tekanan inlet dan tekanan outlet (air lolos filter). Dari metode ini didapat rata-rata pembacaan *differential pressure* dari 5 kali pengambilan data sebagai berikut : data 1, data 2, data 3, data 4, data 5 berurutan adalah 11,36 psig; 11,17 psig; 11,16 psig; 11,28 psig; 11,78 psig. Untuk perawatan membran RO sendiri dilakukan selama 4,2 tahun sekali, didapat dari hasil monitoring *differential pressure* terhadap membran RO.

Kata kunci : *Seawater reverse osmosis*, MPX5700AP, *Differential pressure*

DESIGN DIFFERENTIAL PRESSURE MONITORING SYSTEM TO ANALYZE THE ABILITY TO REVERSE OSMOSIS MEMBRANES MINI PLANT SEAWATER REVERSE OSMOSIS ARDUINO BASED IN WORKSHOP INSTRUMENTATION

Student Name : Hafiid Haquu
NRP : 2412031031
Study Program : Diploma of Metrology and
Instrumentasi, Engineering Physics
FTI-ITS
Advisor Lecturer : Totok Ruki Biyanto, ST, MT, Ph.D

Abstract

The need for clean water is a top priority for the survival of humans and other living creatures. So seawater reverse osmosis is a technology that is appropriate to resolve the issue. Reverse osmosis is a filtration method that uses pressure. The process of making the solute deposited in layers flowing pressure in order to get the pure solvent. But the longer the ability to filter reverse osmosis membranes will be reduced due to material buildup. Therefore, the design of the differential pressure monitoring system to analyze the ability of reverse osmosis membranes are essential. In this plan use MPX5700AP pressure sensors, differential pressure itself derived from the difference between the inlet pressure and outlet pressure (water through the filters). This method derived from the average reading of the differential pressure of 5 times the data collection as follows: 1st data, 2nd data, 3rd, 4th, and 5th data are sequentially 5 psig 11.36; 11.17 psig; 11.16 psig; 11.28 psig; 11.78 psig. For the RO membrane treatment itself is conducted for 4.2 years, the results obtained from monitoring the differential pressure of the RO membranes.

Keywords : Seawater reverse osmosis, MPX5700AP, Differential pressure

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT penulis panjatkan karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang Bangun *Differential Pressure Monitoring System* untuk menganalisa kemampuan membran Reverse Osmosis pada Mini Plant Seawater Reverse Osmosis Berbasis Arduino di Workshop Instrumentasi”** dengan tepat waktu. Laporan ini dapat terselesaikan dengan dukungan dan peran serta dari berbagai pihak. Untuk itulah dalam kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang Tua penulis
2. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS.
3. Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc selaku Ketua Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi FTI-ITS.
4. Totok Ruki Biyanto, ST, MT, Ph.d selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah membina dan memberikan banyak ilmu serta pengalaman.
5. Ir. Wiratno Argo Asmoro M.Sc. selaku Dosen Wali penulis.
6. Fitri Adi Iskandariato, ST, MT selaku Ketua Workshop Instrumentasi Teknik Fisika FTI-ITS.
7. Teman – teman “Pejuang Tangguh Workshop Instrumentasi 2012” yang selalu membantu serta memberikan motivasi selama pengerjaan Tugas Akhir.
8. Seawater Reverse Osmosis Team yang telah berjuang bersama dalam pengerjaan Tugas Akhir.
9. Teman – teman D3 Metrologi dan Instrumentasi FTI-ITS tahun angkatan 2012.
10. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih kurang sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima segala masukan

berupa saran, kritik, dan segala bentuk tegur sapa demi kesempurnaan laoran ini.

Demikian laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dengan harapan dapat bermanfaat dalam akademik baik bagi penulis maupun bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2015

Penulis,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Reverse Osmosis	5
2.2 Monitoring	8
2.3 Sensor Tekanan	8
2.4 <i>Booster Pump</i>	9
2.5 Arduino	10
2.6 <i>Visual Basic</i>	11
2.7 Karakteristik Statik	13
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	
3.1 Blok Diagram Perancangan Alat	15
3.2 Gambaran Umum Tugas Akhir	16
3.3 Perancangan Tugas Akhir	19
3.4 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	23
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Uji Komponen Sistem	25
4.1.1 Sensor MPX5700AP	25
4.1.2 Konversi ADC pada sensor MPX5700AP	25

4.1.3 Uji sensor	27
4.2 Pengambilan Data	29
4.3 Analisa Data	32

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A SPESIFIKASI MEMBRAN TIPE CSM 50GPD

LAMPIRAN B DATASHEET ARDUINO MEGA 2560

LAMPIRAN C SPESIFIKASI DENG YUAN 50GPD
BOOSTER PUMP

LAMPIRAN D DATASHEET MPX5700AP SENSOR
PRESSURE

LAMPIRAN E LISTING PROGRAM PADA ARDUINO

LAMPIRAN F LISTING PROGRAM PADA VISUAL STUDIO
2013

LAMPIRAN G SERTIFIKAT KALIBRASI

LAMPIRAN H DATA UJI SENSOR

LAMPIRAN I PENGAMBILAN DATA

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Konfigurasi Pin pada Sensor MPX5700AP	22
Tabel 3.2. Konfigurasi pada Arduino Mega 2560	22
Tabel 4.1. Konfigurasi Pin pada Sensor MPX5700AP	25
Tabel 4.2 Karakteristik Sensor MPX5700AP	27

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu kebutuhan pokok sehari-hari makhluk hidup di dunia ini yang tidak dapat terpisahkan adalah air. Tidak hanya penting bagi manusia, air juga merupakan bagian yang penting bagi makhluk hidup lain, baik hewan maupun tumbuhan. Tanpa air kemungkinan tidak ada kehidupan di dunia ini karena semua makhluk hidup sangat memerlukan air untuk dapat bertahan hidup[1]. Fungsi air dalam kehidupan, tidak hanya memenuhi kebutuhan secara fisik (yang dibutuhkan tubuh manusia), tetapi juga berperan sebagai pemenuh kegiatan manusia sehari-hari. Baik digunakan untuk mencuci pakaian, mandi, dan memenuhi kebutuhan manusia lainnya. Bahkan makhluk hidup lain seperti binatang, dan tumbuhan mengkonsumsi air sebagai pemenuh kebutuhannya. Tetapi semakin lama berbagai kegiatan yang dilakukan oleh manusia menyebabkan polusi air. Yang penyebab utamanya adalah pencemaran air melalui limbah pabrik, dan limbah rumah tangga yang berupa zat kimia dari deterjen yang digunakan sehari-hari, serta zat-zat kimia yang dihasilkan dari kegiatan manusia lainnya. Hal ini tentu memberi dampak negatif terhadap lingkungan, bahkan pencemaran air tersebut dapat membunuh makhluk yang disekitarnya. Dan menjadi kendala kita sekarang adalah sulitnya untuk memperoleh air bersih. Keadaan ini tentunya sangat memprihatinkan, karena kebutuhan akan air bersih adalah prioritas utama bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya[2].

71% dari Permukaan bumi pada dasarnya merupakan air. Dan 96% air di bumi ini bersifat asin sebagai air laut, sedangkan sisanya sekitar 4% yang bersifat tawar. Oleh karena sumber air yang secara kuantitas tidak terbatas adalah air laut, Maka *seawater reverse osmosis* merupakan teknologi yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut. *Reverse osmosis* (osmosis terbalik) adalah suatu metode penyaringan yang dapat menyaring berbagai molekul besar dan ion-ion dari suatu larutan dengan cara memberi

tekanan pada larutan ketika larutan itu berada di salah satu sisi membran seleksi (lapisan penyaring). Proses tersebut menjadikan zat terlarut terendap di lapisan yang dialiri tekanan sehingga zat pelarut murni bisa mengalir ke lapisan berikutnya. Membran seleksi itu harus bersifat selektif atau bisa memilah yang artinya bisa dilewati zat pelarutnya (atau bagian lebih kecil dari larutan) tapi tidak bisa dilewati zat terlarut seperti molekul berukuran besar dan ion-ion[3].

Tetapi untuk melewati *reverse osmosis*, air harus dipompa dengan tekanan yang tinggi, apabila tekanan pada air tidak sesuai dengan *rangennya*, maka air tidak dapat melalui *reverse osmosis*. Tetapi apabila tekanan air melebihi *range* yang ditentukan, maka dapat merusak membran pada *reverse osmosis*. Oleh karena itu, perancangan *differential pressure monitoring system* untuk menganalisa kemampuan membran *reverse osmosis* pada *mini plant seawater reverse osmosis* penting adanya guna mengetahui selisih nilai tekanan air yang akan melewati *reverse osmosis*. Selain dapat mengamati nilai tekanan melalui *display*, dengan menggunakan *controller* arduino, data selisih nilai tekanan dapat disimpan setiap saat sesuai ketentuan *visual basic*.

1.2 Rumusan Masalah

Pada pelaksanaan tugas akhir ini, permasalahan yang diangkat adalah bagaimana merancang *differential pressure monitoring system* untuk menganalisa kemampuan membran *reverse osmosis* pada *miniplant seawater reverse osmosis* berbasis arduino di Laboratorium Workshop Instrumentasi?

1.3 Tujuan

Tujuan dalam tugas akhir ini adalah dapat merancang *differential pressure monitoring system* untuk menganalisa kemampuan membran *reverse osmosis* pada *miniplant seawater reverse osmosis* berbasis arduino di Laboratorium Workshop Instrumentasi.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penyelesaian masalah pada penelitian tugas akhir ini maka diperlukan batasan masalah. Adapun batasan masalah dari sistem yang dirancang ini adalah :

- a. Merancang sistem yang dibutuhkan dalam mengamati *differential pressure monitoring system* untuk menganalisa kemampuan membran *reverse osmosis* pada *miniplant seawater reverse osmosis*.
- b. Membuat desain komponen – komponen dari sistem yang ada.
- c. Pengujian sistem dari rancang bangun yang telah dibuat dengan menguji rangkaian dari perancangan alat untuk mengetahui performasi alat, baik keakuratan dan keoptimalan alat.
- d. Menyusun hasil teori dari pembuatan *hardware*, analisa data dan kesimpulan dari data dan sistem yang ada.

1.5 Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir ini adala sebagai sistem monitoring perbedaan tekanan pada membran *reverse osmosis* dengan menggunakan mikrokontroller arduino.



BAB II

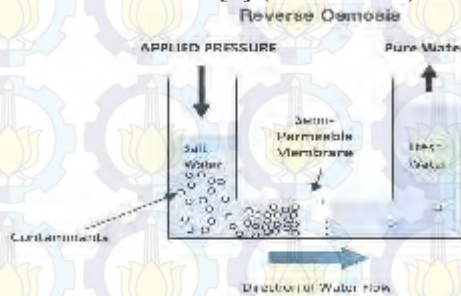
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Reverse Osmosis

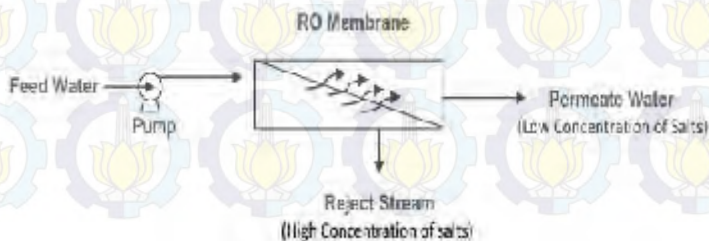
Salah satu kebutuhan pokok sehari-hari makhluk hidup di dunia ini yang tidak dapat terpisahkan adalah air. Tidak hanya penting bagi manusia, air juga merupakan bagian yang penting bagi makhluk hidup lain baik hewan maupun tumbuhan. Tanpa air kemungkinan tidak ada kehidupan di dunia ini karena semua makhluk hidup sangat memerlukan air untuk dapat bertahan hidup[1]. Fungsi air dalam kehidupan, tidak hanya memenuhi kebutuhan secara fisik (yang dibutuhkan tubuh manusia), tetapi juga berperan sebagai pemenuh kegiatan manusia sehari-hari. Baik digunakan untuk mencuci pakaian, mandi, dan memenuhi kebutuhan manusia lainnya. Bahkan makhluk hidup lain seperti binatang, dan tumbuhan mengkonsumsi air sebagai pemenuh kebutuhannya. Tetapi semakin lama berbagai kegiatan yang dilakukan oleh manusia menyebabkan polusi air. Yang penyebab utamanya adalah pencemaran air melalui limbah pabrik, dan limbah rumah tangga yang berupa zat kimia dari deterjen yang digunakan sehari-hari, serta zat-zat kimia yang dihasilkan dari kegiatan manusia lainnya. Hal ini tentu memberi dampak negatif terhadap lingkungan, bahkan pencemaran air tersebut dapat membunuh makhluk yang disekitarnya. Dan menjadi kendala kita sekarang adalah sulitnya untuk memperoleh air bersih. Keadaan ini tentunya sangat memprihatinkan, karena kebutuhan akan air bersih adalah prioritas utama bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya[2]. 71% dari Permukaan bumi pada dasarnya merupakan air. Dan 96% air di bumi ini bersifat asin sebagai air laut, sedangkan sisanya sekitar 4% yang bersifat tawar. Oleh karena sumber air yang secara kuantitas tidak terbatas adalah air laut, Maka *seawater reverse osmosis* merupakan teknologi yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut.

Reverse osmosis (osmosis terbalik) adalah suatu metode penyaringan yang dapat menyaring berbagai molekul besar dan ion-ion dari suatu larutan dengan cara memberi tekanan pada

larutan ketika larutan itu berada di salah satu sisi membran seleksi (lapisan penyaring). Proses tersebut menjadikan zat terlarut terendap di lapisan yang dialiri tekanan sehingga zat pelarut murni bisa mengalir ke lapisan berikutnya. Membran seleksi itu harus bersifat selektif atau bisa memilah yang artinya bisa dilewati zat pelarutnya (atau bagian lebih kecil dari larutan) tapi tidak bisa dilewati zat terlarut seperti molekul berukuran besar dan ion-ion. Osmosis adalah sebuah fenomena alam yang terjadi dalam sel makhluk hidup dimana molekul *solvent* (zat pelarut biasanya air) akan mengalir dari daerah berkonsentrasi rendah ke daerah berkonsentrasi tinggi melalui sebuah membran semipermeable (Gambar 2.1.). Membran semipermeabel ini menunjuk ke membran sel atau membran apa pun yang memiliki struktur yang mirip atau bagian dari membran sel. Gerakan dari *solvent* berlanjut sampai sebuah konsentrasi yang seimbang tercapai di kedua sisi membran[4] (Gambar 2.2).

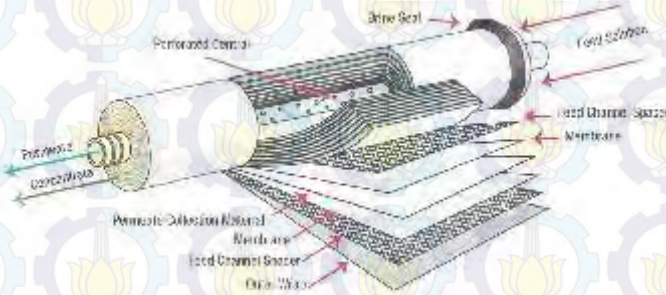


Gambar 2.1. Proses Reverse Osmosis^[5]



Gambar 2.2. 1 Stage of Reverse Osmosis System^[5]

Membran RO atau biasa disebut membran *reverse osmosis* adalah membran yang terbuat dari selaput semipermeable yang dapat diisi ulang yang berfungsi untuk menyaring atau memfilter air dari kandungan logam, virus atau bakteri sehingga menghasilkan air murni bebas dari pencemaran. Membran ini dapat menurunkan TDS (*Total Dissolved Solids*) karena mempunyai ukuran pemfilteran yang sangat halus yaitu mencapai 1/10.000 mikron atau setara dengan sehelai rambut di bagi satu juta (Gambar 2.4). Bagian-bagiannya sendiri terdapat banyak lapisan untuk menyaring air dan terdapat pipa ditengah membran RO guna mengalirkan air yang tidak tersaring (Gambar 2.3.).



Gambar 2.3. Membran *Reverse Osmosis*^[6]



Gambar 2.4. Filtration Spectrum pada sistem seawater reverse osmosis^[5]

2.2 Monitoring

Monitoring adalah pemantauan yang dapat dijelaskan sebagai kesadaran (*awareness*) tentang apa yang ingin diketahui, pemantauan berkadar tingkat tinggi dilakukan agar dapat membuat pengukuran melalui waktu yang menunjukkan pergerakan ke arah tujuan atau menjauh dari itu. *Monitoring* akan memberikan informasi tentang status dan kecenderungan bahwa pengukuran dan evaluasi yang diselesaikan berulang dari waktu ke waktu, pemantauan umumnya dilakukan untuk tujuan tertentu, untuk memeriksa terhadap proses berikut objek atau untuk mengevaluasi kondisi atau kemajuan menuju tujuan hasil manajemen atas efek tindakan dari beberapa jenis antara lain tindakan untuk mempertahankan manajemen yang sedang berjalan.

Monitoring juga bisa berarti proses rutin pengumpulan data dan pengukuran kemajuan atas objektif program. Memantau perubahan, yang fokus pada proses dan keluaran[10]. Untuk diagram blok *monitoring* sendiri dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Diagram Blok *Monitoring System*

2.3 Sensor Tekanan

Sensor Tekanan (*Pressure*) diciptakan untuk mengukur tekanan suatu zat yang memiliki tekanan sangat kecil sehingga sulit untuk diukur apabila menggunakan alat pengukur biasa. Dalam pelajaran *Science*, kita mengenal adanya alat pengukur untuk suatu benda. Seperti contoh thermometer sebagai alat untuk mengukur suhu, anemometer untuk mengukur kecepatan angin dan speedometer untuk mengukur kecepatan suatu benda. Tekanan yang dilambangkan dalam huruf (p) adalah satuan fisika untuk menyatakan gaya, yang dilambangkan dengan (F)

persatuan luas, yang dilambangkan dengan (A). Satuan tekanan sering digunakan untuk mengukur kekuatan atau tekanan dari unsur zat yaitu berupa cairan dan gas. Fungsi dari *sensor tekanan* sebenarnya adalah untuk mengubah tekanan menjadi induktansi[12]. Sensor tekanan yang digunakan pada tugas akhir kali ini adalah MPX5700AP (Gambar2.6.).



Gambar 2.6. Sensor *Pressure* Sensor Tekanan Tipe MPX5700AP^[13]

2.4 *Booster Pump*

Pompa *booster* adalah jenis pompa yang berfungsi hanya untuk menambah tekanan air, dengan demikian pompa ini tidak dapat digunakan untuk menghisap air dengan posisi sumber air di bawah pompa. Penggunaan pompa jenis ini lebih menghemat listrik karena daya listrik yang dibutuhkan biasanya lebih kecil. Selain itu sistem otomatis pompa ini tidak menggunakan *pressure switch*, tetapi menggunakan sejenis bola magnet yang berfungsi ketika ada aliran air. Penggunaan otomatis jenis ini juga memiliki keuntungan lain, karena bila tidak ada air, pompa tidak akan bekerja (Gambar 2.7.).



Gambar 2.7. *Booster Pump*^[8]

2.5 Arduino

Arduino adalah sebuah mikrokontroler *open source* yang berbasis pada *input* dan *output* yang mudah digunakan dan sebuah sarana untuk pengembangan yang mengimplementasikan bahasa pemrosesan. Arduino dapat digunakan untuk mengembangkan objek interaktif secara mandiri atau dapat dihubungkan ke *software* pada komputer (Gambar 2.8.). Arduino dapat dirakit sendiri menggunakan tangan atau membelinya langsung tanpa merakit sendiri[5]. Arduino berbeda dengan tipe mikrokontroler yang lain di pasaran karena arduino memiliki beberapa fitur seperti berikut ini :

1. Arduino dapat digunakan secara multiplatform karena arduino dapat dijalankan pada sistem operasi Windows, Mac, dan Linux.
2. Arduino menggunakan program pemrosesan IDE (*Integrated Development Environment*). Program ini mudah untuk digunakan bagi programmer.
3. Arduino diprogram melalui port USB tidak menggunakan serial port. Fitur ini sangat berguna karena banyak komputer yang baru tidak menggunakan serial port.
4. Arduino memiliki *hardware* dan *software* secara *open source*. Jika ingin membuat arduino sendiri dapat mengunduh *circuit diagram* dari arduino tanpa membayar apapun kepada pencipta arduino.
5. *Hardware* dari arduino tergolong murah.

6. Terdapat komunitas bagi para pengguna arduino, komunitas tersebut dapat membantu para pengguna arduino jika mengalami kesulitan.
7. Arduino ini adalah sebuah proyek yang sedang berkembang di lingkungan pendidikan. Dengan demikian banyak pendatang baru atau pengguna baru dapat menyelesaikan suatu alat dengan mengerjakannya secara cepat^[12].



Gambar 2.8. Arduino Uno^[12]

2.6 Visual Basic

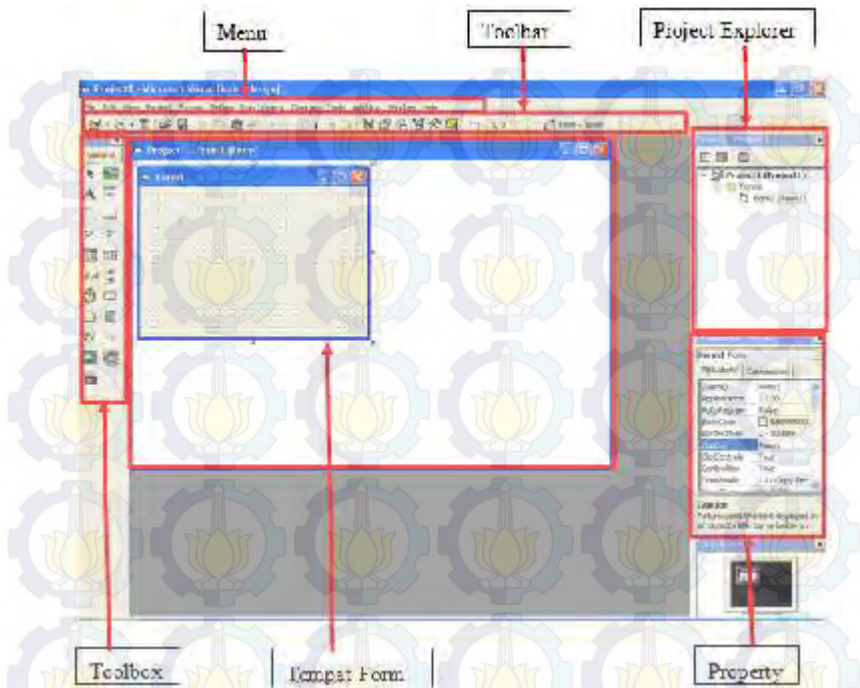
Bahasa Basic pada dasarnya adalah bahasa yang mudah dimengerti sehingga pemrograman di dalam bahasa Basic dapat dengan mudah dilakukan meskipun oleh orang yang baru belajar membuat program. Hal ini lebih mudah lagi setelah hadirnya Microsoft Visual Basic, yang dibangun dari ide untuk membuat bahasa yang sederhana dan mudah dalam pembuatan scriptnya (simple scripting language) untuk graphic user interface yang dikembangkan dalam sistem operasi Microsoft Windows.

Visual Basic merupakan bahasa pemrograman yang sangat mudah dipelajari, dengan teknik pemrograman visual yang memungkinkan pengguna untuk berkreasi lebih baik dalam menghasilkan suatu program aplikasi. Ini terlihat dari dasar pembuatan dalam visual basic adalah FORM, dimana pengguna

dapat mengatur tampilan form kemudian dijalankan dalam script yang sangat mudah.

Ledakan pemakaian Visual Basic ditandai dengan kemampuan Visual Basic untuk dapat berinteraksi dengan aplikasi lain di dalam sistem operasi Windows dengan komponen ActiveX Control. Dengan komponen ini memungkinkan pengguna untuk memanggil dan menggunakan semua model data yang ada di dalam sistem operasi windows. Hal ini juga ditunjang dengan teknik pemrograman di dalam Visual Basic yang mengadopsi dua macam jenis pemrograman yaitu Pemrograman Visual dan Object Oriented Programming (OOP).

Visual Basic 6.0 sebetulnya perkembangan dari versi sebelumnya dengan beberapa penambahan komponen yang sedang tren saat ini, seperti kemampuan pemrograman internet dengan DHTML (Dynamic HyperText Mark Language), dan beberapa penambahan fitur database dan multimedia yang semakin baik. Sampai saat buku ini ditulis bisa dikatakan bahwa Visual Basic 6.0 masih merupakan pilih pertama di dalam membuat program aplikasi yang ada di pasar perangkat lunak nasional. Hal ini disebabkan oleh kemudahan dalam melakukan proses development dari aplikasi yang dibuat. Interface antar muka Visual Basic 6.0, berisi menu, toolbar, toolbox, form, project explorer dan property seperti terlihat pada Gambar 2.9.[10].



Gambar 2.9. Tampilan *interface* pada Visual Basic 6.0^[10]

2.7 Karakteristik Statik

Karakteristik statik yaitu karakteristik dari suatu instrument alat ukur yang tidak bergantung waktu. Karakteristik terdiri dari :

a) Akurasi

Akurasi merupakan tingkat ketelitian suatu alat dalam memberikan hasil pengukuran.

$$\text{akurasi} = \left\{ 1 - \text{Rata-Rata} \frac{(\text{pemb. std} - \text{pemb. alat})}{\text{pembacaan std}} \right\} \quad 2.1$$

b) Presisi

Tingkat kedekatan pembacaan pengukuran kuantitas terhadap nilai yang sebenarnya.

$$\text{Presisi} = \left\{ 1 - \text{Rata-Rata} \frac{(\text{pembacaan} - \text{pembacaan alat})}{\text{pembacaan alat}} \right\} \quad 2.2$$

c) **Error**

Selisis nilai pengukuran alat dengan nilai standar.

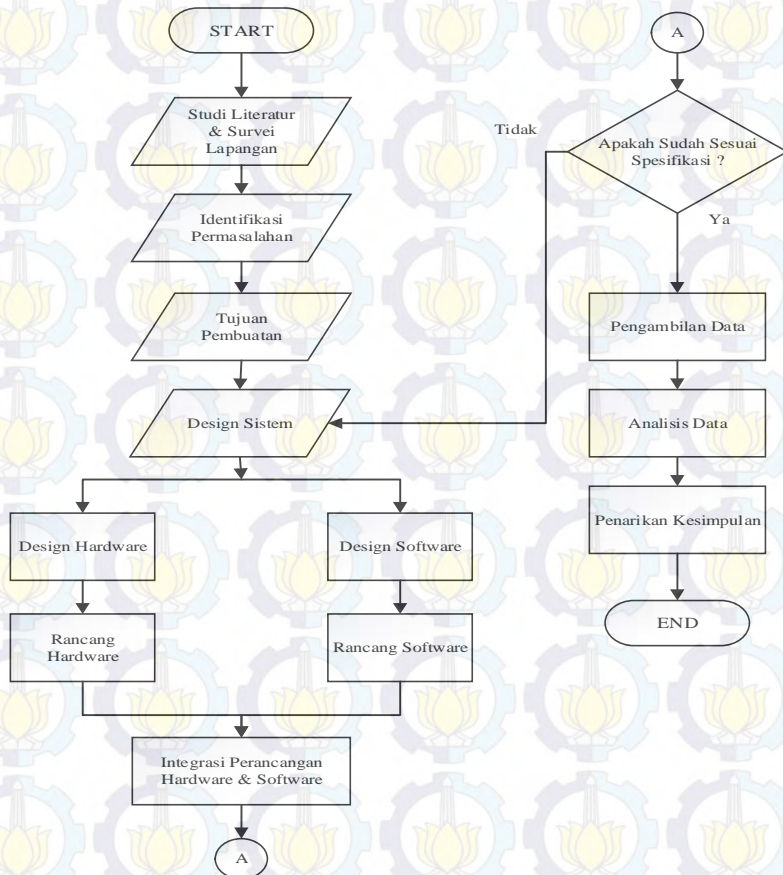
Error = pemb.alat-pemb.standar

2.3^[11]

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1. Blok Diagram Perancangan Alat

Bab ini menjelaskan mengenai perancangan dan pembuatan alat yang meliputi penentuan komponen yang digunakan, perancangan dan pembuatan perangkat keras (*hardware*)



Gambar 3.1. Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir

3.2. Gambaran Umum Tugas Akhir

Pada tugas akhir kali ini membuat sistem monitoring perbedaan tekanan yang terintegrasi dengan *personal computer* (PC). Sistem monitoring ini diaplikasikan pada rancang bangun *Seawater Reverses Osmosis* skala laboratorium. *Plant* ini terdapat beberapa bagian penting yaitu :

a. *Feed Water Tank*

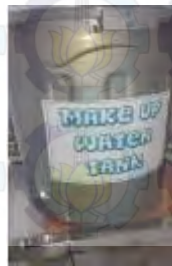
Feed water tank adalah bagian awal yang berfungsi sebagai tempat penampungan air dari water supply, yang pada tugas akhir kali ini bahan jenis feed water adalah air laut.



Gambar 3.2. *Feed Water Tank*

b. *Make Up Water Tank*

Make up water tank adalah bagian yang berfungsi sebagai tempat penampungan air siap pakai hasil dari penyaringan filter dan membran reverse osmosis, yang pada tugas akhir kali ini bahan jenis make up water adalah air jernih.



Gambar 3.3. *Make Up Water Tank*

c. *Reject Water Tank*

Reject water tank adalah bagian yang berfungsi sebagai tempat penampungan air yang dibuang dari hasil penyaringan filter dan membran reverse osmosis, yang pada tugas akhir kali ini bahan jenis make up water adalah air keruh.



Gambar 3.4. *Reject Water Tank*

d. *Membran Reverse Osmosis*

Membran *reverse osmosis* adalah membran semipermeable yang memiliki ukuran sangat kecil (μm). Membran ini berfungsi untuk menyaring atau memisahkan garam dari kandungan air.



Gambar 3.5. *Membran Reverse Osmosis*

e. *Filters* terdiri dari 3 bagian yaitu 5 micron spun fiber cartridge, coconut carbon granule filter cartridge, dan carbon block filter cartridge. Ketiga bagian tersebut berfungsi untuk menyaring kotoran atau kandungan air sehingga menjadi lebih bersih.



Gambar 3.6. Filters

f. **Booster Pump**

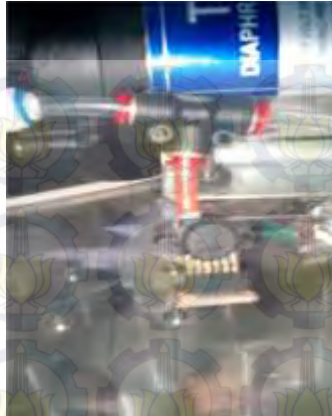
Booster pump adalah pompa berukuran kecil yang memiliki daya dorong sebesar 80 Psi sehingga air yang terdorong dapat melewati membran reverse osmosis.



Gambar 3.7. *Booster Pump*

g. **Sensor Pressure MPX5700AP**

MPX5700AP merupakan sensor *pressure* yang digunakan untuk mengetahui tekanan udara dalam *reverse osmosis*, sensor ini bisa mengukur dengan range 0 to 700 kPa (0 to 101.5 psi) - 15 to 700 kPa (2.18 to 101.5 psi). *Output* dari sensor ini ditampilkan pada *display*.



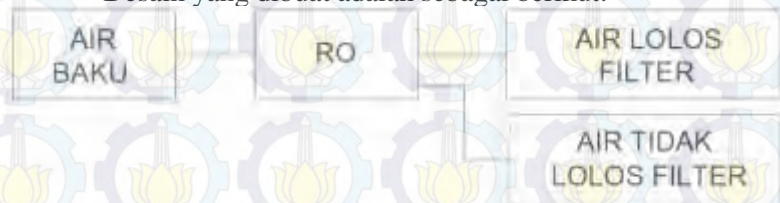
Gambar 3.8. Sensor *Pressure* MPX5700AP

3.3 Perancangan Tugas Akhir

Perancangan tugas akhir kali ini dijelaskan sebagai berikut:

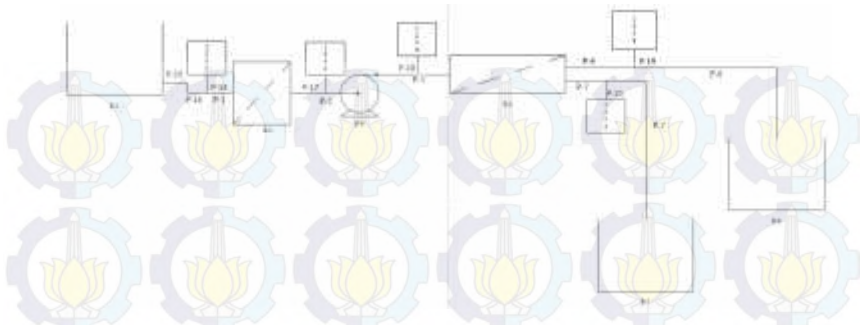
3.3.1 Perancangan Desain BFD,PFD, dan PI&D

Desain yang dibuat adalah sebagai berikut:



Gambar 3.9. Blok Flow Diagram dari Rancang Bangun SWRO

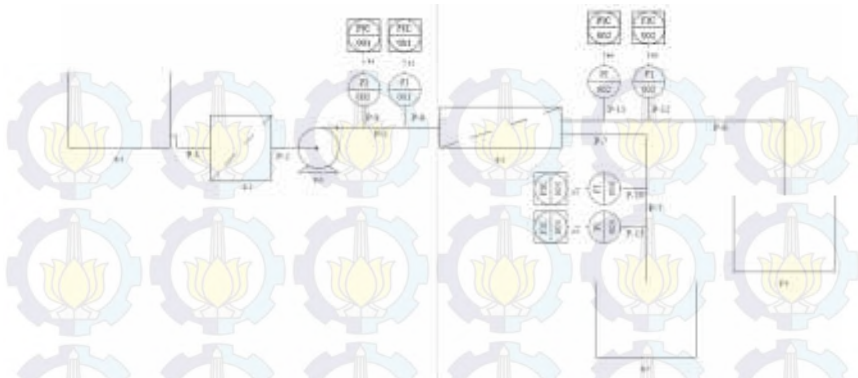
Inputan berupa *feed water* akan dirubah menjadi *make up water* yang outputan yang diharapkan, untuk outputan sisa nya berupa *reject water* hasil dari pemfilteran yang akhirnya dibuang ke tangki *reject*.



Gambar 3.10. Proses Flow Diagram dari Rancang Bangun SWRO

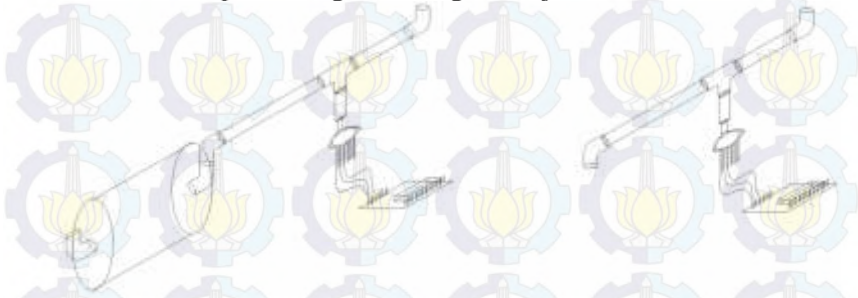
Pada plan ini dibuat desain flow diagram untuk diamati proses apa saja yang terjadi. Sangat diperhatikan faktor energy balance pada setiap titik. Gambar di atas menjelaskan sebuah proses alir, aliran fluida dari tanki awal menuju ke *reverse osmosis*. Fluida *wake up water* yang dihasilkan dari RO ini kemudian mengalir ke tanki *wake up water* untuk diolah menjadi produk. Fluida cair ini yang tidak terpakai dibuang ke tangki *reject*.

Setelah desain dari dibuat maka langkah selanjutnya yaitu membuat desain *Piping and Instrument Diagram* seperti gambar dibawah ini :



Gambar 3.11. *Piping and Instrument Diagram*

3.3.2 Hook Up Drawing dan Rangkain Uji Sensor



Gambar 3.12. *Hook Up Drawing*

Berikut adalah *hook up drawing* proses pemasangan sensor ke tubing untuk berjalannya proses. Dari gambar diatas bisa dilihat sensor *pressure* dipasang dengan menggunakan tubing T, untuk mengetahui *pressure inline*. Kaki pada sensor *pressure* dihubungkan ke mikrokontroller dan hasil dari pengukuran sensor *pressure* ditampilkan didalam LCD.

3.3.3. Perancangan rangkaian pada mikrokontroler

Pada tugas akhir ini terdapat perancangan rangkaian dari sensor menuju ke mikrokontroler arduino. Tabel 3.1. menunjukan

konfigurasi dari sensor MPX5700AP 3 buah pin yaitu output, ground, dan vcc. Sensor ini membutuhkan catu daya sebesar 5VDC.

Tabel 3.1. Konfigurasi Pin pada Sensor MPX5700AP

No.	Kaki	Keterangan
1	1	ouput
2	2	ground
3	3	vcc

Sedangkan untuk konfigurasi dari MPX5700AP dengan mikrokontroler arduino mega 2560 yang telah terintegrasi dengan *liquid crystal display* 16x2 dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Konfigurasi pada Arduino Mega 2560

Komponen	Konfigurasi	Pin pada Arduino
Sensor	Output	Pin Digital 0, 1, dan 2
	GND	GND
	VCC	+5 V
	VCC	+5V
	GND	GND
LCD	RS	Pin Digital 22, 23, dan 34
	EN	Pin Digital 24, 25, dan 36
	D1	Pin Digital 26, 27, dan 38
	D2	Pin Digital 28, 29, dan 40
	D3	Pin Digital 30, 31, dan 42
	D4	Pin Digital 32, 33, dan 44

Pada perancangan alat ini terdapat dua *software* yang digunakan untuk menampilkan hasil dari pengukuran *flow*, yaitu *software* Arduino 1.0.6 dan Visual Studio 2013.

Seperti yang terlihat pada Gambar 3.15. *software* arduino 1.0.6 digunakan untuk memasukan *listing program* yang berisi perintah - perintah guna mengintegrasikan data pengukuran yang telah diterima dari sensor menuju ke mikrokontroler arduino mega 2560. Selain itu, dapat juga memberikan perintah untuk mengintegrasikan mikrokontroler menuju ke *liquid crystal display* 16x2 serta *personal computer*.



Gambar 3.13. Tampilan *software* Arduino 1.0.6

BAB IV

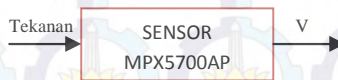
ANALISIS DATA DAN PENGUJIAN ALAT

4.1. Uji Komponen Sistem

Pada tugas akhir sistem monitoring tekanan pada *seawater reverse osmosis* dilakukan pengambilan data sensor MPX5700AP. Sebelum pengambilan data, terlebih dulu kita menguji komponen-komponen pada sistem tugas akhir kita. Yaitu sensor MPX5700AP.

4.1.1 Sensor MPX5700AP

Dalam pengujian sensor MPX5700AP kita harus memperhatikan digram blok pengukuran. Mulai masukan sensor berupa besaran fisis tekanan (psi) menjadi tegangan (V). Kemudian untuk diagram blok *monitoring system* dapat dilihat pada Gambar 4.1. Untuk konfigurasi kaki-kaki yang digunakan adalah kaki 1 sebagai output, kaki 2 sebagai ground, kaki 3 vcc. (Tabel 4.1.)



Gambar 4.1. Diagram Blok *Monitoring System*

Tabel 4.1. Konfigurasi Pin pada Sensor MPX5700AP

No.	Kaki	Keterangan
1	1	ouput
2	2	ground
3	3	vcc

4.1.2 Konversi ADC pada sensor MPX5700AP

Sensor MPX5700AP adalah tipe sensor analog jadi agar dapat terbaca pada *display* terlebih dulu mengkonversi ke ADC. Dilihat dari spesifikasi alat tekanan yang dapat terbaca adalah 0-101,5 psi dan tegangan output dari sensor sebesar 0,2-4,7 volt.

Saat menguji sensor sumber tegangan yang digunakan adalah dari arduino sebesar 5 volt dan ADC 10 bit . Jadi untuk rumus konversinya adalah :

Diketahui :

- o adc 10 bit = 0-1024
- o *Supply* arduino = 0-5 volt
- o Tegangan output sensor = 0,2-4,7
- o Tekanan = 0-101,5 psi

Dicari :

- o data_adc saat output sensor 4,7 volt ?
- o Nilai tekanan yang terbaca pada *display* ?

Jawab :

- o Misal x adalah data_adc

$$\frac{x}{1024} = \frac{V_{ref}}{V_{in}}$$

$$\frac{x}{1024} = \frac{4,7}{5}$$

$$5x = 4,7.1024$$

$$x = \frac{4812,8}{5}$$

$$x = 962,56$$

- jadi data_adc saat tegangan 4,7 adalah 962,56

- o Tekanan yang terbaca misal x:

$$\frac{101,5}{962,56} = \frac{x}{data_adc}$$

$$962,56.x = 101,5.data_adc$$

$$x = \frac{101,5.data_adc}{962,56}$$

$$x = 0,10544797.data_adc$$

- Jadi persamaan $x = 0,10544797.data_adc$ sebagai acuan untuk pemetaan tekanan pada mikrokontroler arduino.

Contoh untuk listing program konversi adc adalah :

```
data_adc1=analogRead(0);
pressure_psi1=0.1054479720744681*(data_adc1);
hasil1=pressure_psi1-18.03;
```

Hasil1 kenapa dikurangi 18,03 karena saat sensor belum ada tekanan, pembacaan sensor menunjukkan 18,03 psi. Sebab itu setiap pembacaan tekanan oleh sensor dikurangi 18,03.

Untuk sensitivitas alat ukur memiliki 0,04727 V/psig. Data yang digunakan dapat dilihat pada lampiran H.13 sebagai acuan perhitungan.

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta \text{Output}}{\Delta \text{Input}}$$

$$\text{Sensitivitas} = \frac{1.92 - 1.08}{24.79 - 5.16}$$

$$\text{Sensitivitas} = 0.04727 \text{ V/psig}$$

4.1.3 Uji sensor

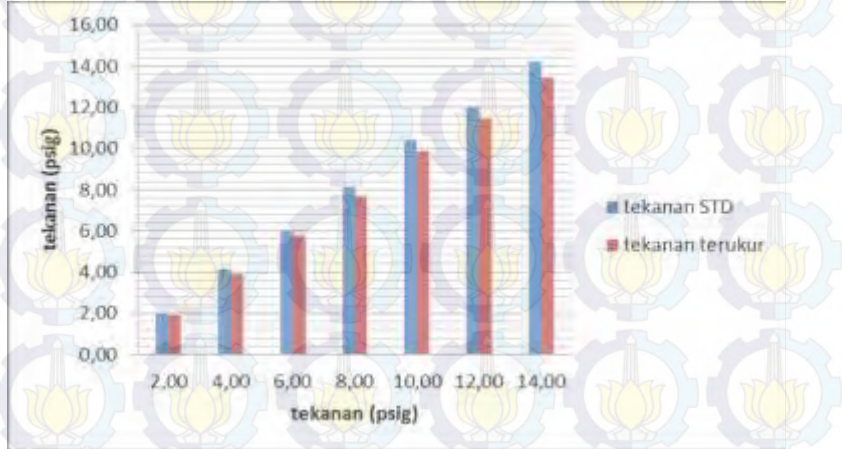
Setiap sensor mempunyai nilai karakteristik yang berbeda-beda, itu membuat sensor dinyatakan layak pakai atau tidak. Pada uji sensor mpx5700ap ini dilakukan perhitungan-perhitungan agar didapat nilai karakteristik tiap sensor. Nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2 :

Tabel 4.2 Karakteristik Sensor MPX5700AP

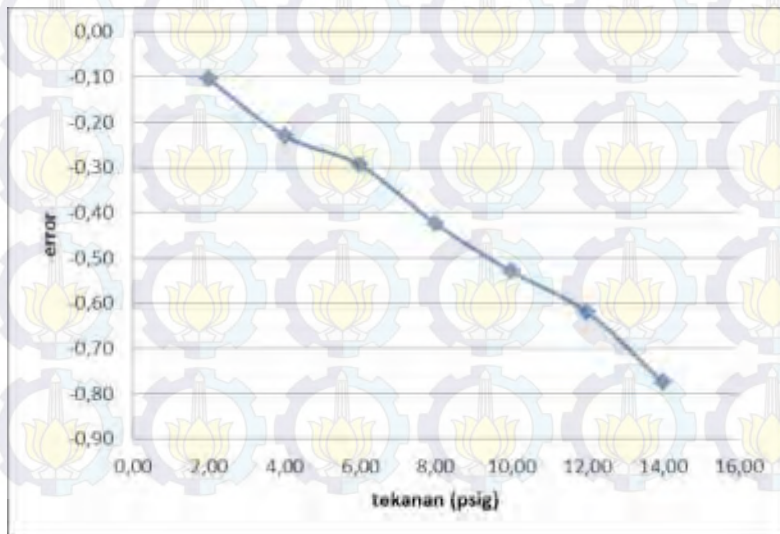
No.	Nama	Koreksi	error	akurasi	presisi
1	Sensor 1	0,12	-0,43	0,95	0,95
2	Sensor 2	0,27	-0,41	0,95	0,95
3	Sensor 3	0,10	-0,45	0,93	0,93

Nilai-nilai diatas dapat dilihat pada lampiran Tabel H.2, H.6, H.10 untuk koreksi sensor, 1, sensor 2, sensor 3 dan Tabel H.4, H.8, H.12 untuk error, akurasi, presisi sensor 1, 2, 3 secara berurutan. Untuk persamaannya dapat dilihat pada bab 2, yaitu

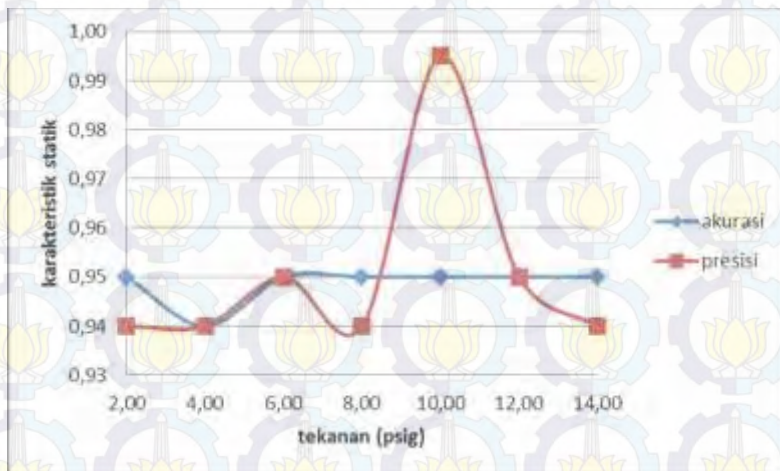
persamaan 2.1 ,2.2, dan 2.3. Alat masih dikatakan baik karena *range* hasil perhitungan dalam batas toleransi (dilihat dari *datasheet*).



Gambar 4.2. Grafik pembacaan standart dan terukur sensor 1

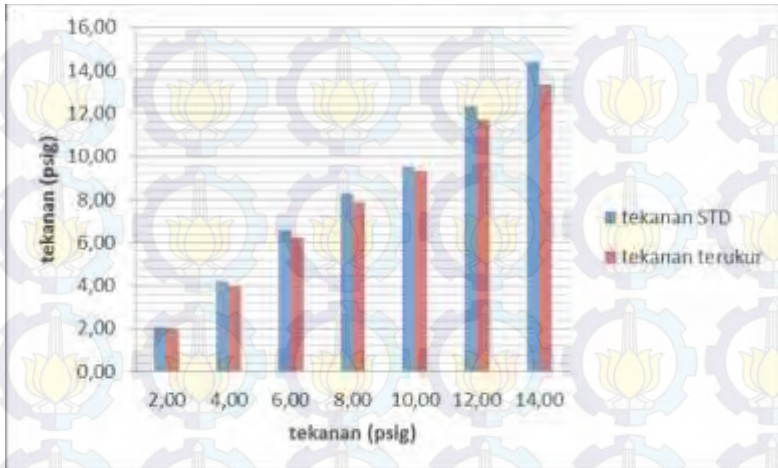


Gambar 4.3. Grafik *Error* Sensor 1

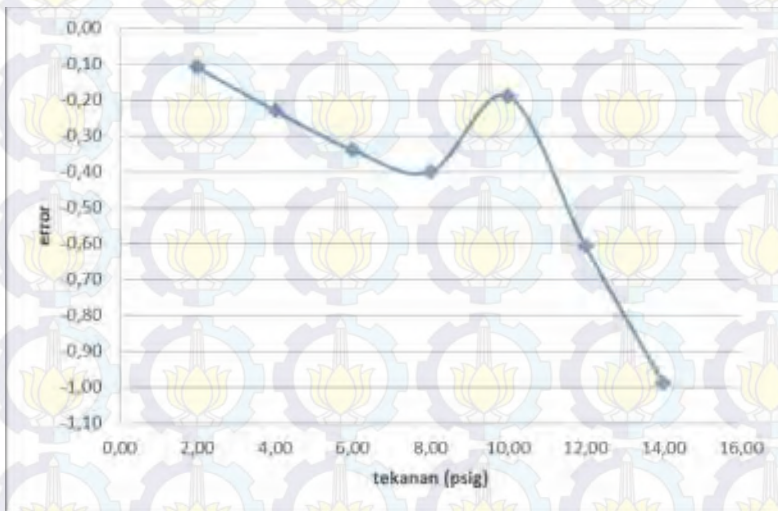


Gambar 4.4. Tingkat Akurasi dan Presisi Pembacaan Sensor 1

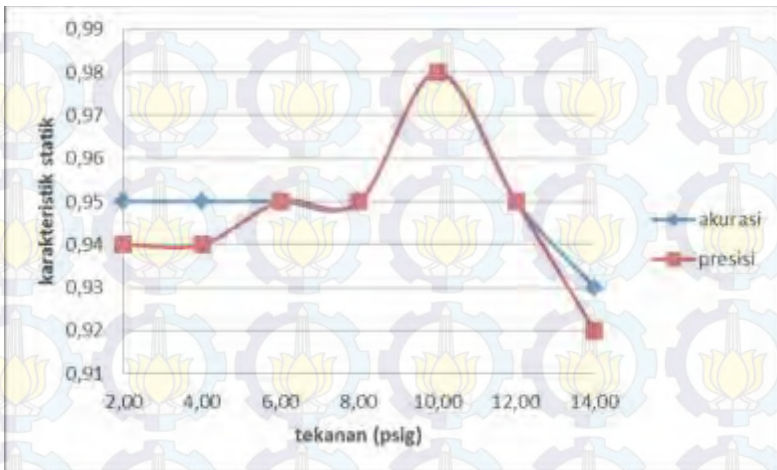
Pada pengujian sensor 1 MPX5700AP setelah melakukan perhitungan ketidakpastian sebagaimana yang sudah terlampir, kemudian menghitung error, akurasi, dan presisi dari sensor itu sendiri. Untuk tabel perhitungan error, akurasi, dan presisi sensor terlampir pada Tabel H.4 dan Gambar 4.2. adalah pembacaan standart dan terukur ,kemudian selisis dari pembacaan terukur dengan standart menghasilkan error (Gambar 4.3) dan Gambar 4.4. menunjukkan grafik error, akurasi, dan presisi terhadap set poin dari sensor. Untuk perhitungan rata-rata error, akurasi, presisi didapat dari persamaan 2.1 ,2.2 dan 2.3 ,secara berurut hasil sensor 1 adalah: -0,43 ; 0,95 ; 0,95 masih dalam batas toleransi.



Gambar 4.5. Grafik pembacaan standart dan terukur sensor 2

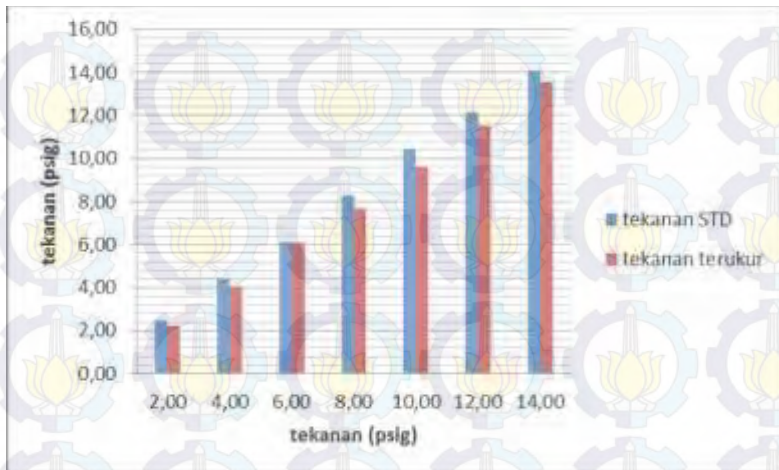


Gambar 4.6. Grafik *Error* Sensor 2

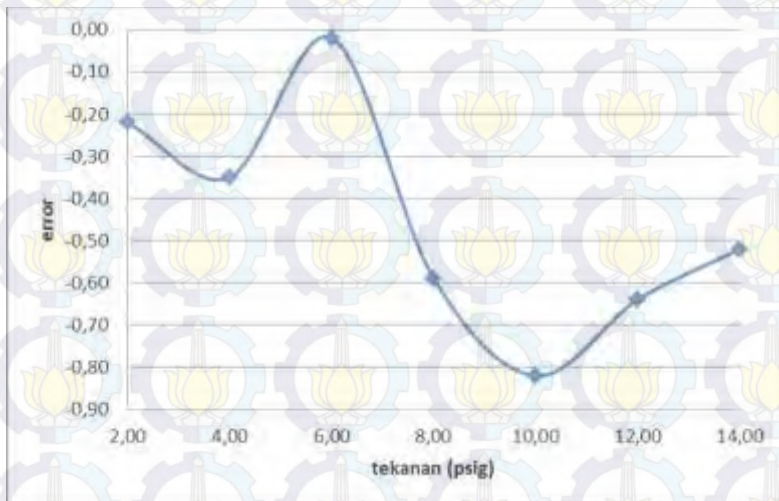


Gambar 4.7. Tingkat Akurasi dan Presisi Pembacaan Sensor 2

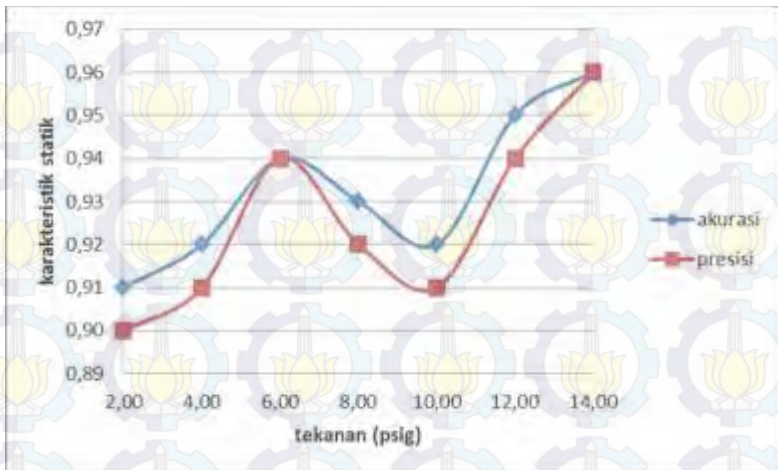
Pada Gambar 4.4. pembacaan alat yang terukur dan alat standart ,sensor ke-2 ini didapar grafik error,akurasi, dan presisi seperti terlihat Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 ,terlihat *error* dan akurasi pada sensor 2 lebih rendah dibanding sensor pertama. Nilai rata-ratanya sendiri adalah -0,41 ; 0,95 ; 0,95 untuk *error*, akurasi, dan presisinya ,didapat dari persamaan 2.1 ,2.2 ,2.3.



Gambar 4.8. Grafik pembacaan standart dan terukur sensor 3



Gambar 4.9. Grafik *Error* Sensor 3

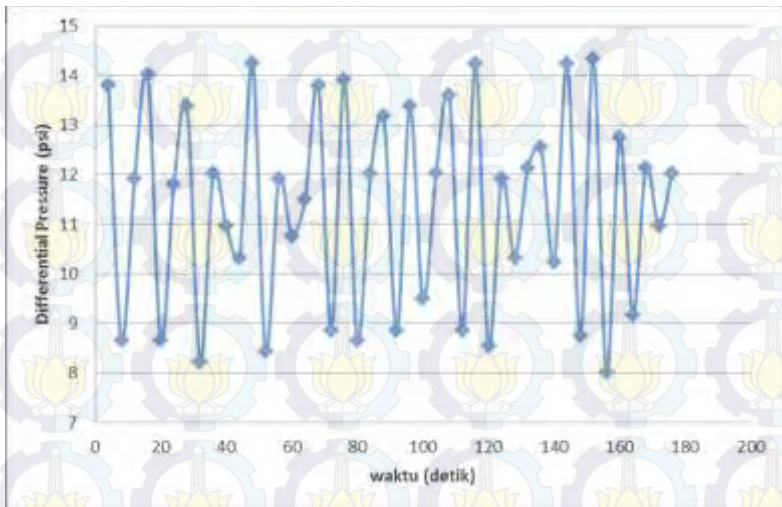


Gambar 4.10. Tingkat Akurasi dan Presisi Pembacaan Sensor 3

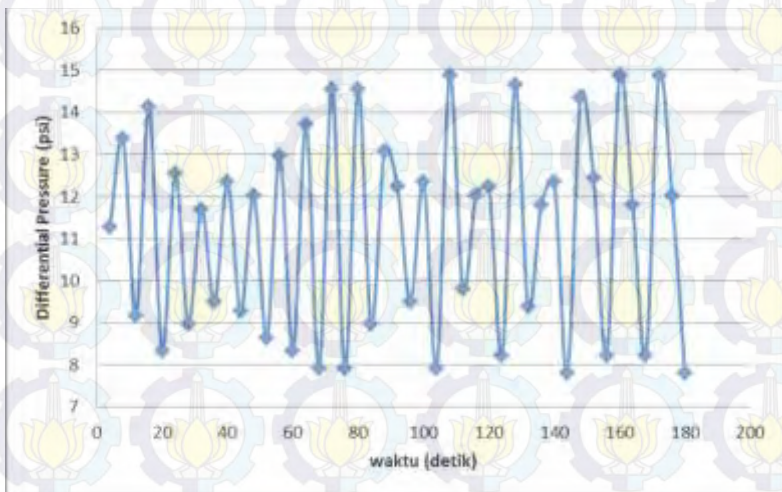
Pada Gambar 4.8 menunjukkan grafik antara pembacaan alat yang terukur dan standart. Performa dari sensor ke-3 ini termasuk rendah bila dibanding yang lain sebab terlihat dari Gambar 4.6. yang grafiknya berosilasi dan untuk akurasinya sendiri mengalami kenaikan terlihat pada Gambar 4.7. Untuk nilai berurutan dari *error*, akurasi, dan presisinya sendiri adalah -0,45 ; 0,93 ; 0,93. Hasil ini didapat dari persamaan 2.1 ,2.2 ,2.3.

4.2. Pengambilan Data

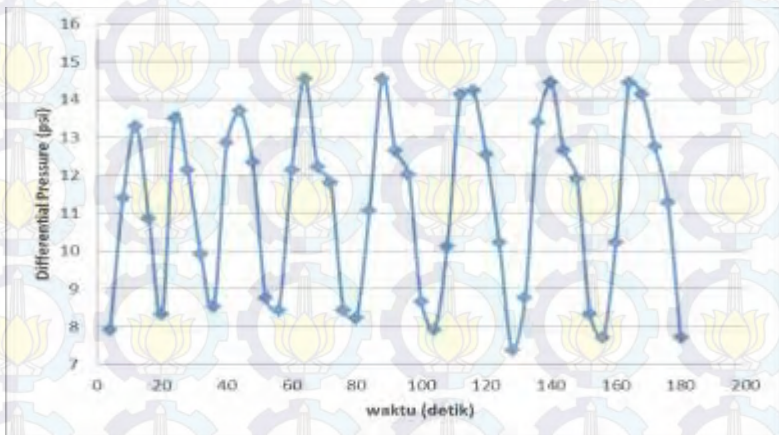
Jumlah sensor MPX5700AP yang digunakan pada tugas akhir ini ada 3 buah sensor, mengukur satu *pressure* masuk dan dua *pressure* keluaran. Setiap sensor telah diuji. Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali dalam 5 hari dengan delay 4 detik selama 180 detik, *Differential Pressure* didapat dari selisis dari *Pressure Input-Pressure Out 1* ($DP = P_{input} - P_{output\ 1}$). Adapun hasil pengambilan yang didapat sebagai berikut:



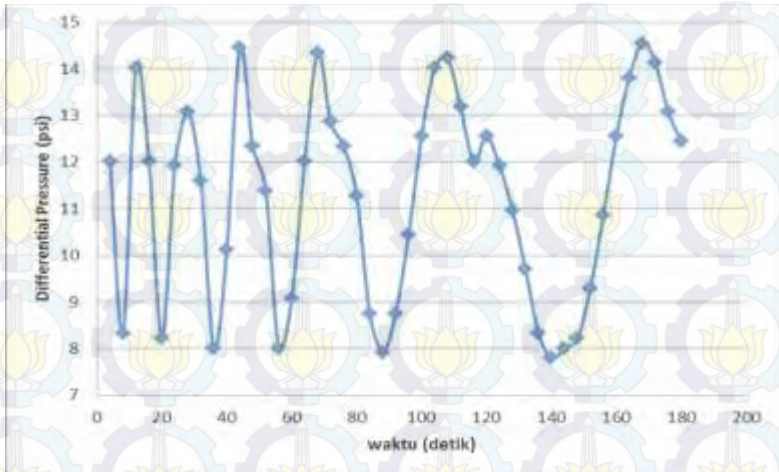
Gambar 4.11. Grafik Data 1 *Differential Pressure* terhadap waktu



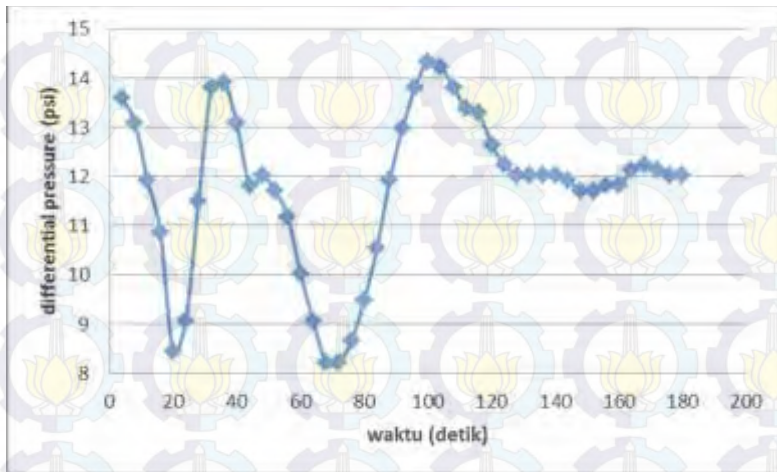
Gambar 4.12. Grafik Data 2 *Differential Pressure* terhadap waktu



Gambar 4.13. Grafik Data 3 *Differential Pressure* terhadap waktu



Gambar 4.14. Grafik Data 4 *Differential Pressure* terhadap waktu



Gambar 4.15. Grafik Data 5 *Differential Pressure* terhadap waktu

Dari Gambar 4.8. sampai Gambar 4.12. didapat grafik pengambilan data *differential pressure* terhadap waktu sebanyak 5 kali. Karena *pressure inlet* yang tidak stabil (keluaran pompa) menyebabkan osilasi pada setiap pengambilan data. Pada keluaran RO sendiri bernilai mendekati 0 (nol) karena tidak ada sistem selanjutnya.

Dari kelima pembacaan selama lima hari ini didapat data sebagai berikut: 11,36 psig; 11,17 psig; 11,16 psig; 11,28 psig; 11,78 psig. Untuk mendapatkan *differential pressure* rata-ratanya pembacaan hari kelima dikurangi pembacaan hari pertama : $11,78 - 11,36 = 0,42$. Dari hasil ini dibagi selama pembacaan, jadi: $0,42 : 5 = 0,084$ psig/hari. Bila sebulan $0,084 \times 30 \text{ hari} = 2,52$ psig/bulan. Dilihat dari spesifikasi membran *pressure limit* 125 psi, jadi bila dibagi *differential pressure* selama sebulan: $125 / 2,52 = 49,6$ bulan atau selama 50 bulan.

4.3. Analisa Data

Prinsip kerja plan *seawater reverse osmosis* adalah air laut yang berrada pada tangki *feed water* mengalirkan air kepada 3 buah filter, karena memiliki ketinggian tertentu tekanan pada air diteruskan oleh pompa booster agar tekanannya naik. Air keluaran pompa yang sudah memiliki tekanan dibaca oleh sensor tekanan MPX5700AP sebagai tekanan masuk pada RO, air ditembakkan menuju RO dan kemudian disaring, air yang tidak lolos filter akan masuk pada tangki *feed water* dan air yang lolos filter masuk pada tangki hasil (*weak up water*).

Sebelum melakukan pengukuran terlebih dulu sensor diuji karakter statiknya. Untuk sensor 1 didapat *error*, akurasi, dan presisinya -0,43 ; 0,95 ; 0,95. Untuk sensor 2 didapat *error*, akurasi, dan presisinya -0,41 ; 0,95 ; 0,95. Untuk sensor 3 didapat *error*, akurasi, dan presisinya -0,45; 0,93 ; 0,93. Dari ketiga sensor itu memiliki sensitifitas 0,04727V/psig dan memiliki rata-rata *error*, akurasi, dan presisi dari ketiganya adalah -0,43, 0,94, 0,94.

Pada plan *seawater reverse osmosis* ini dimonitoring *differential pressure* guna mengetahui tingkat kemampuan membran RO dalam menyaring air laut. *Differential pressure* sendiri didapat dari selisih tekanan inlet dikurangi tekanan yang terfilter oleh RO. Dipengambilan data kali ini dilakukan sebanyak 5 kali dalam 5 hari selama masing-masing 3 menit (180 detik). Menggunakan 3 sensor tekanan MPX5700AP, sensor pertama sebagai *pressure input*, sensor kedua sebagai *pressure output 1* yang menuju ke tangki hasil lolos filter dan sensor ketiga sebagai *pressure output 2* yang menuju ke tangki yang tidak lolos filter (*reject water*).

Didapat rata-rata pembacaan *differential pressure* dari data 1, data 2, data 3, data 4, data 5 berurutan adalah 11,36 psig; 11,17 psig; 11,16 psig; 11,28 psig; 11,78 psig. Dan bila semua pengambilan data ini dirata-rata didapatkan 11,35 psig. Disini bisa kita lihat bahwa selisis dari rata-rata tiap pengambilan tidak terlalu jauh. Ini membuktikan keadaan RO masih cukup baik. Bila

diamati dari grafiknya, pada Gambar 4.8. sampai Gambar 4.12 tetap terjadi osilasi, itu dikarenakan tekanan masuk pada RO tidak stabil. Tekanan keluaran dari pompa yang bertipe booster ini yang membuat tidak stabilnya tekanan, dikarenakan pompa tipe ini menembakan fluidanya yang telah ditambah tekanan dari sistem pompa. Untuk tekanan keluar dari RO baik yang lolos filter maupun tidak lolos filter stabil, ini dikarenakan setelah RO tidak terdapat sistem selanjutnya, nilai tekanan keduanya mendekati nol (0) yaitu sama seperti tekanan atmosfer. Ini dapat dilihat pada tabel pengambilan data yang terlampir pada Tabel I.1 sampai Tabel I.5.

Dari perhitungan selama 5 hari didapatkan *differential pressure* nya adalah 0,084 psig/hari. Bila dalam sebulan RO berkerja akan didapat hasil 2,52 psig/bulan. Untuk pereawatannya RO dilakukan selama 50 bulan atau 4,2 tahun. Ini didapat dari tekanan limit dari spesifikasi alat yaitu 125 psi dibagi 2,52 psi.

BAB V PENUTUP

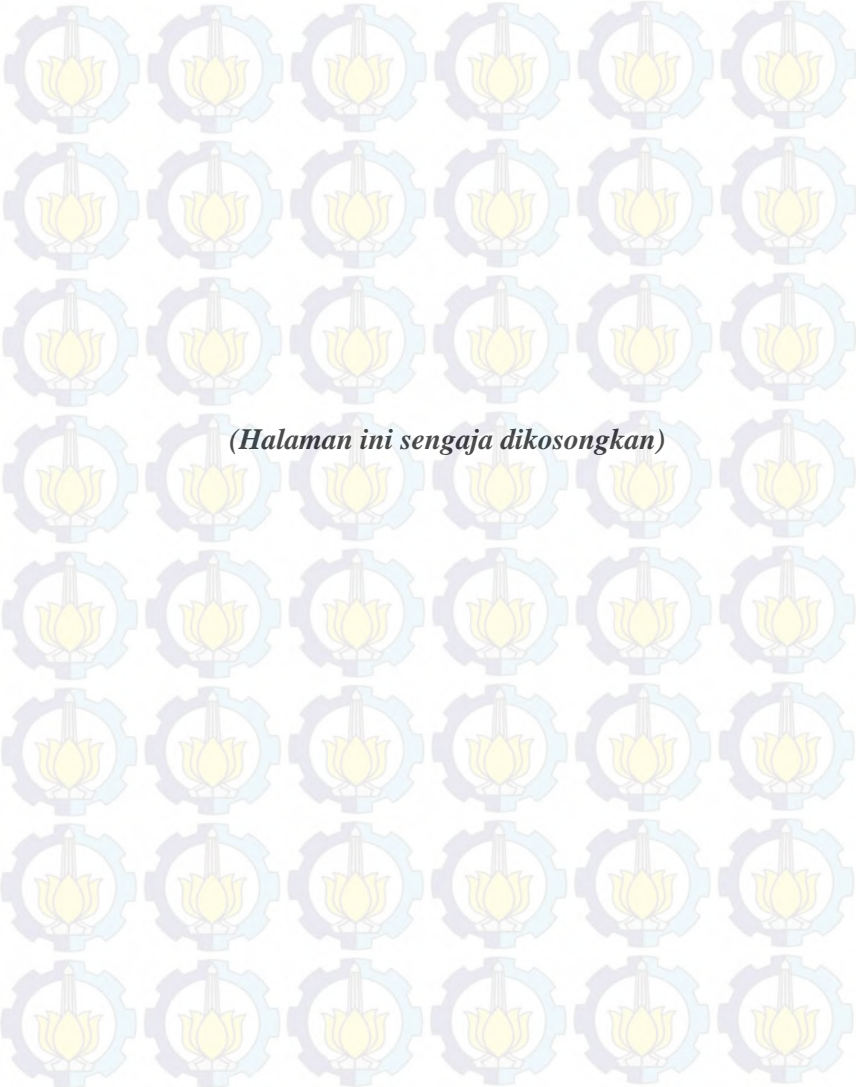
5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Sensitifitas dari sensor tekanan MPX5700AP adalah sebesar 0,04727V/psig.
2. Rata-rata *error*,akurasi, dan presisi dari ketiga sensor adalah sebesar -0,43, 0.94, 0,94.
3. Didapat rata-rata pembacaan *differential pressure* dari data 1,data 2,data 3, data 4, data 5 berurutan adalah 11,36 psig; 11,17 psig; 11,16 psig; 11,28 psig; 11,78 psig. *Differential pressure* selama 5 hari adalah: 0,084 psig/hari dan selama sebulan 2,52 psig.
4. Untuk perawatan membran RO sendiri dilakukan selama 4,2 tahun sekali, didapat dari hasil monitoring *differential pressure* terhadap membran RO.

5.2 Saran

Dari hasil pengerjaan tugas akhir ini kemudian dianalisa, dan didapatkan saran yaitu untuk pompa yang digunakan pada RO sebaiknya tidak menggunakan pompa booster tipe 2500, karena cara kerjanya pompa ini menyebabkan osilasi. Dan perlu diperhatikan peletakan sensor tekanan pada plan.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

XII. Daftar Pustaka

- [1] Yusuf, Etikasari. Tanpa Tahun. Pengolahan Air Payau Menjadi Air Bersih Dengan Menggunakan Membran Revese Osmosis. Surabaya. Teknik Lingkungan UPN.
- [2] Wijaya, Agung Arief. 2010. Prinsip Kerja *Reverse Osmosis*.
- [3] Sahu G.K. 2000. *Pumps*. New Delhi.New Age International.
- [4] Saputri, Zaratul Nisa. 2014. Aplikasi Pengenalan Suara Sebagai Pengendali Peralatan Listrik Berbasis Arduino Uno. Malang. Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Nasional Universitas Brawijaya Fakultas Teknik
- [4] Mudjahidin, Nyoman Dita Pahang Putra. 2010. Rancang Bangun Sistem Informasi Monitoring Perkembangan Proyek Berbasis Web Studi Kasus di Dinas Bina Marga dan Pemantusa. Surabaya. Jurusan Sistem Informasi ITS
- [5] Tanpa Nama. 2012. Data Sheet MPX5700 Series. Tanpa Kota. Freescale Semiconductor
- [6] Kimera Shobirin. 2013. Jual Sensor Tekanan Tipe MPX5700AP.
- [7]. Williams, Michael E. Tanpa Tahun. “*A Brief Review of Reverse Osmosis Membrane Technology*”. Hal 1-11.
- [8] Rakhmawati, Renny dkk. Tanpa Tahun. “Otomotatisasi Sistem Pengolahan Air Laut Menjadi Air Tawar Dengan Prinsip *Reverse Osmosis* Berbasis Mikrokontroller”.
- [9] Zheng, Youbin, Shiobhan Dunets and Diane Cayana. Tanpa Tahun. “Reverse Osmosis (Membrane Filtration). Canada. University of Guelph.

- [10] Basuki, Achmad. 2006. Algoritma Pemrograman 2 Menggunakan Visual Basic 6.0. Surabaya. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
- [11] P. Bentley, John. 1995. Principle Of Measurement Systems. University of Teeside.
- [12] Banzi, Massimo. 2011. Getting Started with Arduino Second Edition. United State of America : O'REILLY

LAMPIRAN A SPESIFIKASI MEMBRAN TYPE CSM 50GPD

RESIDENTIAL

R.O. elements for residential use (1.3 inch diameter)

CSM

SPECIFICATIONS

General Features

Model Name	Permeate Flow Rate GPD (L/day)	Salt Rejection %
RE1810-30	30 (114)	98.0%
RE1810-50	50 (189)	98.0%
RE1812-35	35 (132)	98.0%
RE1812-50	50 (189)	98.0%
RE1812-60	60 (227)	98.0%
RE1812-80	80 (303)	98.0%

1. The stated product performance is based on data taken after 30 minutes of operation at the following test conditions:

- 200 mg/L NaCl solution at 60 psig (0.41 MPa) applied pressure
- 15% recovery
- 77°F (25°C)
- pH 6.5-7.0

2. Dry type elements are vacuum leak tested using the San Diego Protocol.

3. Permeate flow rate for each element may vary but will be no more than 15%.

4. Dry elements are packaged in a polyethylene bag.

• Wet elements are packaged in a polyethylene bag containing 584g/L + HC (0.37g/L) solution.

Membrane type:

Thin Film Composite

Membrane material:

Polyamide (PA)

Element configuration:

Spiral-Wound Tube Wrapping

Dimensions

Model Name	A	B	C	D	E
RE1810-50	0.67 (17mm)	0.55 (14mm)	10.08 (256mm)	0.98 (25mm)	1.77 (45mm)
RE1812-35					
RE1812-50	0.67 (17mm)	0.87 (22mm)	11.73 (298mm)	0.98 (25mm)	1.77 (45mm)
RE1812-60					
RE1812-80					

*All dimensions in inches



Woongjin Chemical Co., Ltd.

For more information on our products, company and regional contacts, please visit our website at www.woongjinchem.co.kr
 Product Registration Number / Model: RE-1810-30, RE-1810-50, RE-1812-35, RE-1812-50, RE-1812-60, RE-1812-80
 Page 1 of 2

NSF

These model names are tested and certified under NSF/ANSI standard 58, material requirement only (excluding RE1810-10)

RESIDENTIAL

RO elements for residential use (1.8 inch diameter)

CSM**APPLICATION DATA:****Operating Limits**

Max. Operating Pressure	125 psi (0.86 MPa)
Max. Feed Flow Rate	2 gpm (0.45 m ³ /hr)
Max. Operating Temperature	111 °F (45 °C)
Operating pH Range	2.0–11.0
Max. Turbidity	1.0 NTU
Max. SDI (15 min)	5.0
Max. Chlorine Concentration	< 0.1 mg/L

The information provided in this document is solely for informational purposes. It is the user's responsibility to ensure the appropriate usage of this product. Woongjin Chemical assumes no liability, saving or damage incurred for the misuse of this product or for the information provided in this document. This document does not express or imply any warranty as to the merchantability or fitness of this product.

GENERAL HANDLING PROCEDURES

- Elements contained in the boxes must be kept dry at room temperature (7–32°C, 40–95°F) and should not be stored in direct sunlight. If the polyethylene bag is damaged, a new preservative solution (sodium bisulfite) must be added and air-tight sealed to prevent drying and biological growth.
- Permeate from the first hour of operation should be discarded to flush out the preservative solution.
- Elements should be immersed in a preservative solution during storage, shipping and system shutdowns to prevent biological growth and freezing. The standard storage solution contains 1% by weight sodium bisulfite or sodium metabisulfite (food grade) for short term storage (i.e. one week or less). 1% by weight sodium metabisulfite solution is adequate for preventing biological growth.
- Keep elements moist at all times after initial wetting.
- Only use chemicals compatible with the membrane elements and components. Use of such chemicals may void the element limited warranty.
- Permeate pressure must always be equal or less than the feed/concentrate pressure. Damage caused by permeate back pressure voids the element limited warranty.

Woongjin Chemical Co., Ltd.

For more information on our products, company and regional contacts, please visit our website at www.woongjin.com
 Seoul: 151-15-00, Fax: 151-15-01, RE: 1512-05, FAX: 1512-06, RE: 1512-07, Fax: 1512-08

©2008 WJCC

LAMPIRAN B

DATASHEET ARDUINO MEGA 2560



Product Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Index

Technical
Specifications

Page 2

How to use Arduino
Programming Environment Basic Tutorial

Page 6

Terms &
Conditions

Page 7

Environmental Policies
half sqm of green via Impatto Zero(ki)

Page 7



radiospares

RADIONICS



Technical Specification

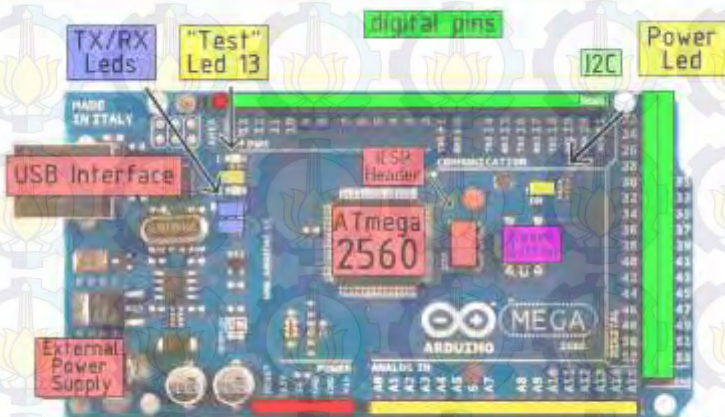


EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#) Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



analog pins

analog pins

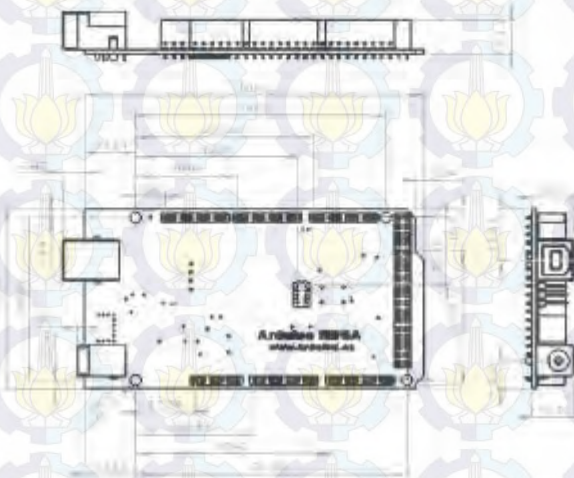
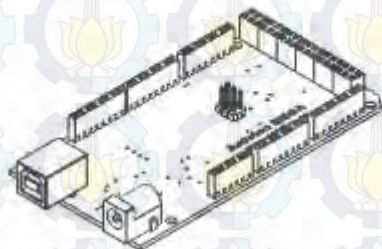


radiospares

RADIONICS



Dimensioned Drawing



RS

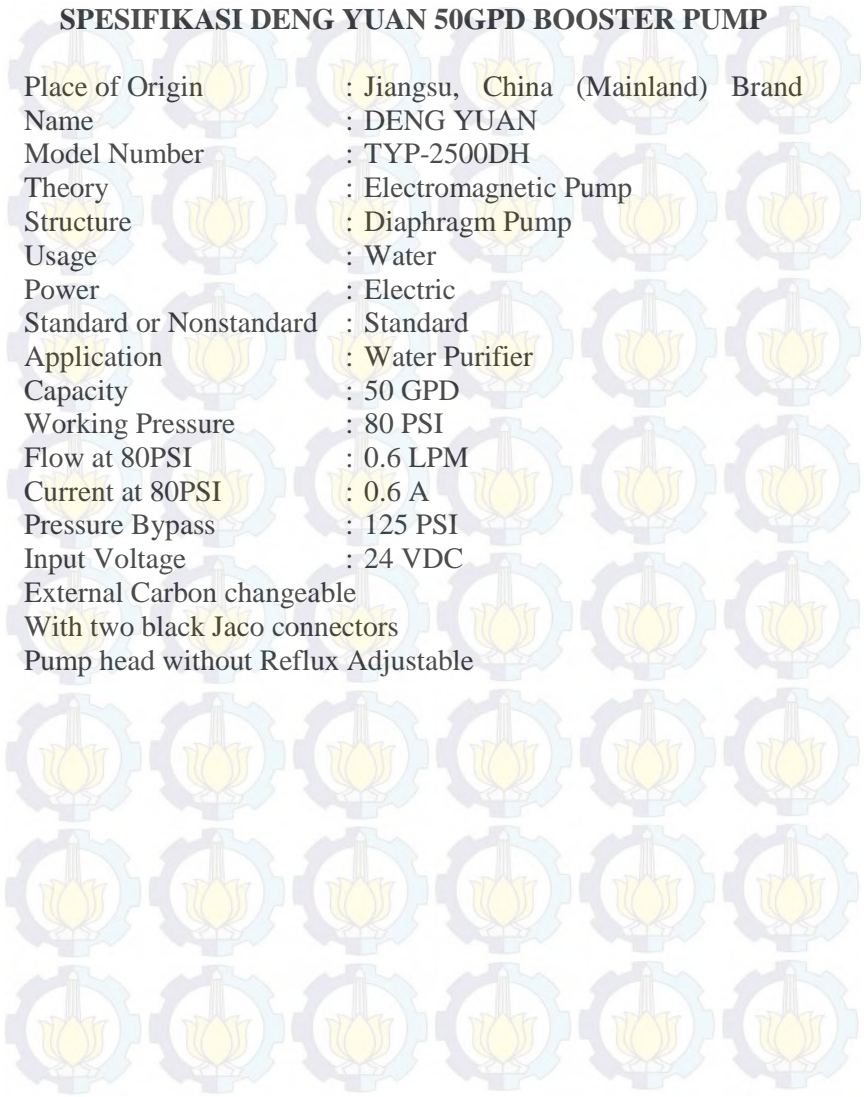
radiospares

RADIONICS



LAMPIRAN C

SPEKIFIKASI DENG YUAN 50GPD BOOSTER PUMP



Place of Origin	: Jiangsu, China (Mainland)	Brand
Name	: DENG YUAN	
Model Number	: TYP-2500DH	
Theory	: Electromagnetic Pump	
Structure	: Diaphragm Pump	
Usage	: Water	
Power	: Electric	
Standard or Nonstandard	: Standard	
Application	: Water Purifier	
Capacity	: 50 GPD	
Working Pressure	: 80 PSI	
Flow at 80PSI	: 0.6 LPM	
Current at 80PSI	: 0.6 A	
Pressure Bypass	: 125 PSI	
Input Voltage	: 24 VDC	
External Carbon changeable		
With two black Jaco connectors		
Pump head without Reflux Adjustable		

LAMPIRAN D

DATASHEET MPX5700AP SENSOR PRESSURE

Freescale Semiconductor
Data Sheet, Technical Data

MPX5700
Rev. 10, 10/2012

Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

MPX5700 Series

0 to 700 kPa (0 to 10.1 psig)
-5 to 750 mPa (0 to 10 to 10.1 psig)
0.2 to 4.1 V Output

The MPX5700 series precision low-cost sensor is a state-of-the-art, monolithic silicon pressure sensor packaged for a wide range of applications. It is available in a single channel or dual channel configuration. The sensor is a single channel, monolithic, silicon, precision, integrated, silicon, pressure sensor and is available in a single channel or dual channel configuration. The sensor is a single channel, monolithic, silicon, precision, integrated, silicon, pressure sensor and is available in a single channel or dual channel configuration.

Features

- 0.1% Maximum Linearity in 25°C
- Factory Calibrated for Microcontroller or Microcontroller Based Systems
- Available in Absolute, Differential and Gauge Configurations
- Integrated Silicon Pressure Sensor
- Positive Pressure Only

ORDERING INFORMATION

Device Name	MSOP Pkg.	8 Pin SOP	8 Pin SOIC	8 Pin TSSOP	8 Pin TSSOP	8 Pin TSSOP	8 Pin TSSOP
Device Name	MSOP Pkg.	8 Pin SOP	8 Pin SOIC	8 Pin TSSOP	8 Pin TSSOP	8 Pin TSSOP	8 Pin TSSOP
MPX5700A0	MSOP						MPX5700A0
MPX5700A1	MSOP						MPX5700A1
MPX5700A2	MSOP						MPX5700A2
MPX5700A3	MSOP						MPX5700A3
MPX5700A4	MSOP						MPX5700A4
MPX5700A5	MSOP						MPX5700A5
MPX5700A6	MSOP						MPX5700A6
MPX5700A7	MSOP						MPX5700A7
MPX5700A8	MSOP						MPX5700A8
MPX5700A9	MSOP						MPX5700A9
MPX5700B0	MSOP						MPX5700B0
MPX5700B1	MSOP						MPX5700B1
MPX5700B2	MSOP						MPX5700B2
MPX5700B3	MSOP						MPX5700B3
MPX5700B4	MSOP						MPX5700B4
MPX5700B5	MSOP						MPX5700B5
MPX5700B6	MSOP						MPX5700B6
MPX5700B7	MSOP						MPX5700B7
MPX5700B8	MSOP						MPX5700B8
MPX5700B9	MSOP						MPX5700B9
MPX5700C0	MSOP						MPX5700C0
MPX5700C1	MSOP						MPX5700C1
MPX5700C2	MSOP						MPX5700C2
MPX5700C3	MSOP						MPX5700C3
MPX5700C4	MSOP						MPX5700C4
MPX5700C5	MSOP						MPX5700C5
MPX5700C6	MSOP						MPX5700C6
MPX5700C7	MSOP						MPX5700C7
MPX5700C8	MSOP						MPX5700C8
MPX5700C9	MSOP						MPX5700C9
MPX5700D0	MSOP						MPX5700D0
MPX5700D1	MSOP						MPX5700D1
MPX5700D2	MSOP						MPX5700D2
MPX5700D3	MSOP						MPX5700D3
MPX5700D4	MSOP						MPX5700D4
MPX5700D5	MSOP						MPX5700D5
MPX5700D6	MSOP						MPX5700D6
MPX5700D7	MSOP						MPX5700D7
MPX5700D8	MSOP						MPX5700D8
MPX5700D9	MSOP						MPX5700D9
MPX5700E0	MSOP						MPX5700E0
MPX5700E1	MSOP						MPX5700E1
MPX5700E2	MSOP						MPX5700E2
MPX5700E3	MSOP						MPX5700E3
MPX5700E4	MSOP						MPX5700E4
MPX5700E5	MSOP						MPX5700E5
MPX5700E6	MSOP						MPX5700E6
MPX5700E7	MSOP						MPX5700E7
MPX5700E8	MSOP						MPX5700E8
MPX5700E9	MSOP						MPX5700E9
MPX5700F0	MSOP						MPX5700F0
MPX5700F1	MSOP						MPX5700F1
MPX5700F2	MSOP						MPX5700F2
MPX5700F3	MSOP						MPX5700F3
MPX5700F4	MSOP						MPX5700F4
MPX5700F5	MSOP						MPX5700F5
MPX5700F6	MSOP						MPX5700F6
MPX5700F7	MSOP						MPX5700F7
MPX5700F8	MSOP						MPX5700F8
MPX5700F9	MSOP						MPX5700F9
MPX5700G0	MSOP						MPX5700G0
MPX5700G1	MSOP						MPX5700G1
MPX5700G2	MSOP						MPX5700G2
MPX5700G3	MSOP						MPX5700G3
MPX5700G4	MSOP						MPX5700G4
MPX5700G5	MSOP						MPX5700G5
MPX5700G6	MSOP						MPX5700G6
MPX5700G7	MSOP						MPX5700G7
MPX5700G8	MSOP						MPX5700G8
MPX5700G9	MSOP						MPX5700G9
MPX5700H0	MSOP						MPX5700H0
MPX5700H1	MSOP						MPX5700H1
MPX5700H2	MSOP						MPX5700H2
MPX5700H3	MSOP						MPX5700H3
MPX5700H4	MSOP						MPX5700H4
MPX5700H5	MSOP						MPX5700H5
MPX5700H6	MSOP						MPX5700H6
MPX5700H7	MSOP						MPX5700H7
MPX5700H8	MSOP						MPX5700H8
MPX5700H9	MSOP						MPX5700H9
MPX5700I0	MSOP						MPX5700I0
MPX5700I1	MSOP						MPX5700I1
MPX5700I2	MSOP						MPX5700I2
MPX5700I3	MSOP						MPX5700I3
MPX5700I4	MSOP						MPX5700I4
MPX5700I5	MSOP						MPX5700I5
MPX5700I6	MSOP						MPX5700I6
MPX5700I7	MSOP						MPX5700I7
MPX5700I8	MSOP						MPX5700I8
MPX5700I9	MSOP						MPX5700I9
MPX5700J0	MSOP						MPX5700J0
MPX5700J1	MSOP						MPX5700J1
MPX5700J2	MSOP						MPX5700J2
MPX5700J3	MSOP						MPX5700J3
MPX5700J4	MSOP						MPX5700J4
MPX5700J5	MSOP						MPX5700J5
MPX5700J6	MSOP						MPX5700J6
MPX5700J7	MSOP						MPX5700J7
MPX5700J8	MSOP						MPX5700J8
MPX5700J9	MSOP						MPX5700J9
MPX5700K0	MSOP						MPX5700K0
MPX5700K1	MSOP						MPX5700K1
MPX5700K2	MSOP						MPX5700K2
MPX5700K3	MSOP						MPX5700K3
MPX5700K4	MSOP						MPX5700K4
MPX5700K5	MSOP						MPX5700K5
MPX5700K6	MSOP						MPX5700K6
MPX5700K7	MSOP						MPX5700K7
MPX5700K8	MSOP						MPX5700K8
MPX5700K9	MSOP						MPX5700K9
MPX5700L0	MSOP						MPX5700L0
MPX5700L1	MSOP						MPX5700L1
MPX5700L2	MSOP						MPX5700L2
MPX5700L3	MSOP						MPX5700L3
MPX5700L4	MSOP						MPX5700L4
MPX5700L5	MSOP						MPX5700L5
MPX5700L6	MSOP						MPX5700L6
MPX5700L7	MSOP						MPX5700L7
MPX5700L8	MSOP						MPX5700L8
MPX5700L9	MSOP						MPX5700L9
MPX5700M0	MSOP						MPX5700M0
MPX5700M1	MSOP						MPX5700M1
MPX5700M2	MSOP						MPX5700M2
MPX5700M3	MSOP						MPX5700M3
MPX5700M4	MSOP						MPX5700M4
MPX5700M5	MSOP						MPX5700M5
MPX5700M6	MSOP						MPX5700M6
MPX5700M7	MSOP						MPX5700M7
MPX5700M8	MSOP						MPX5700M8
MPX5700M9	MSOP						MPX5700M9
MPX5700N0	MSOP						MPX5700N0
MPX5700N1	MSOP						MPX5700N1
MPX5700N2	MSOP						MPX5700N2
MPX5700N3	MSOP						MPX5700N3
MPX5700N4	MSOP						MPX5700N4
MPX5700N5	MSOP						MPX5700N5
MPX5700N6	MSOP						MPX5700N6
MPX5700N7	MSOP						MPX5700N7
MPX5700N8	MSOP						MPX5700N8
MPX5700N9	MSOP						MPX5700N9
MPX5700O0	MSOP						MPX5700O0
MPX5700O1	MSOP						MPX5700O1
MPX5700O2	MSOP						MPX5700O2
MPX5700O3	MSOP						MPX5700O3
MPX5700O4	MSOP						MPX5700O4
MPX5700O5	MSOP						MPX5700O5
MPX5700O6	MSOP						MPX5700O6
MPX5700O7	MSOP						MPX5700O7
MPX5700O8	MSOP						MPX5700O8
MPX5700O9	MSOP						MPX5700O9
MPX5700P0	MSOP						MPX5700P0
MPX5700P1	MSOP						MPX5700P1
MPX5700P2	MSOP						MPX5700P2
MPX5700P3	MSOP						MPX5700P3
MPX5700P4	MSOP						MPX5700P4
MPX5700P5	MSOP						MPX5700P5
MPX5700P6	MSOP						MPX5700P6
MPX5700P7	MSOP						MPX5700P7
MPX5700P8	MSOP						MPX5700P8
MPX5700P9	MSOP						MPX5700P9
MPX5700Q0	MSOP						MPX5700Q0
MPX5700Q1	MSOP						MPX5700Q1
MPX5700Q2	MSOP						MPX5700Q2
MPX5700Q3	MSOP						MPX5700Q3
MPX5700Q4	MSOP						MPX5700Q4
MPX5700Q5	MSOP						MPX5700Q5
MPX5700Q6	MSOP						MPX5700Q6
MPX5700Q7	MSOP						MPX5700Q7
MPX5700Q8	MSOP						MPX5700Q8
MPX5700Q9	MSOP						MPX5700Q9
MPX5700R0	MSOP						MPX5700R0
MPX5700R1	MSOP						MPX5700R1
MPX5700R2	MSOP						MPX5700R2
MPX5700R3	MSOP						MPX5700R3
MPX5700R4	MSOP						MPX5700R4
MPX5700R5	MSOP						MPX5700R5
MPX5700R6	MSOP						MPX5700R6
MPX5700R7	MSOP						MPX5700R7
MPX5700R8	MSOP						MPX5700R8
MPX5700R9	MSOP						MPX5700R9
MPX5700S0	MSOP						MPX5700S0
MPX5700S1	MSOP						MPX5700S1
MPX5700S2	MSOP						MPX5700S2
MPX5700S3	MSOP						MPX5700S3
MPX5700S4	MSOP						MPX5700S4
MPX5700S5	MSOP						MPX5700S5
MPX5700S6	MSOP						MPX5700S6
MPX5700S7	MSOP						MPX5700S7
MPX5700S8	MSOP						MPX5700S8
MPX5700S9	MSOP						MPX5700S9
MPX5700T0	MSOP						MPX5700T0
MPX5700T1	MSOP						MPX5700T1
MPX5700T2	MSOP						MPX5700T2
MPX5700T3	MSOP						MPX5700T3

Operating Characteristics

Table 1. Operating Characteristics. $V_g = 3.3$ Vdc; $I_g = 25$ mA as was otherwise noted; $f_T = 1$ Hz. Excluding crosshatch, τ required to meet electrical specifications.)

Company Name	Year End	Age	Yr	Rate	Ratio
Trinidad Petroleum ⁽¹⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽²⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽³⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽⁴⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽⁵⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽⁶⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽⁷⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽⁸⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽⁹⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽¹⁰⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽¹¹⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽¹²⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽¹³⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽¹⁴⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽¹⁵⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽¹⁶⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽¹⁷⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽¹⁸⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽¹⁹⁾	1998	1998	1998	1998	1998
Energy Services ⁽²⁰⁾	1998	1998	1998	1998	1998

© 2006 Blackwell Publishing Ltd *Journal of Internal Medicine* 260: 485–494

Device is powered when the connected structure moves.

† Titled (*Nyctinomus*) on basis of allotype of (1) and (2) and present in

4. Tail Ratio Coefficient (V_{TRC}) is defined as the ratio of the tail to the main part of the risk profile.

© 2012 Blackwell Publishing Ltd, *Journal of Internal Medicine* 272: 103–112

8. Accuracy (error budget) consists of the following:

US Army. USG-13 also has been in contact with individuals who provide over the shoulder cyber-attacks

The authors are grateful to Dr. J. J. G. van der Vliet for his assistance in the use of the scanning electron microscope, and to Dr. J. J. G. van der Vliet for his assistance in the use of the scanning electron microscope.

Microbial hyphae are a common feature in the structure of the cell wall, which is composed of a thin layer of cellulose and a thick layer of chitin.

bioRxiv preprint doi: <https://doi.org/10.1101/005482>; this version posted May 13, 2014. The copyright holder for this preprint (which was not certified by peer review) is the author/funder, who has granted bioRxiv a license to display the preprint in perpetuity. It is made available under aCC-BY-NC-ND 4.0 International license.

Journal, United States of America, 1994, 100, 1000-1001.

$$V_{\text{eff}}(r) = \frac{\alpha}{r} + \beta r^2$$

© 2006 by The American Psychological Association or one of its allied publishers. This article is intended solely for the personal use of the individual user and is not to be disseminated broadly.

8. **Warranty:** This is offered as the best possible price for the product as sold. No warranty is given for the use of the product as sold.

Maximum Ratings

Table 2. Maximum Ratings¹

Parameter	Symbol	Value	Unit
Maximum Thermal Power (at 25°C in open air)	P_{Tmax}	100 W	W
Maximum Temperature	T_{max}	140°C (Tj)	°C
Maximum Temperature	T_{max}	140°C (Tj)	°C

¹ Maximum ratings apply to the device only. Excessive operation at the specified limits may cause permanent damage or degradation of the device.

² If a component is exposed to conditions outside the specified limits, the device must be cooled to the specified limits.

Figure 1 shows a block diagram of the internal circuitry, integrated on a Pinnacle™ system chip.

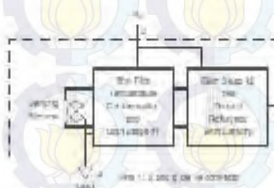


Figure 1. Fully Integrated Pinnacle™ System Chip

LAMPIRAN E

LISTING PROGRAM PADA ARDUINO

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd1(23, 25, 27, 29, 31, 33);
LiquidCrystal lcd2(22, 24, 26, 28, 30, 32);
LiquidCrystal lcd3(34, 36, 38, 40, 42, 44);

double pressure_psi1=0;
double data_adc1=0;
double pressure_psi2=0;
double data_adc2=0;
double pressure_psi3=0;
double data_adc3=0;
double hasil1=0;
double hasil2=0;
double hasil3=0;
double hasil4=0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  // set up the LCD's number of columns and rows:
  lcd1.begin(16, 2);
  lcd2.begin(16, 2);
  lcd3.begin(16, 2);
}

void loop() {
  data_adc1=analogRead(0);
  pressure_psi1=0.1054479720744681*(data_adc1);
  hasil1=pressure_psi1-18.03+65;

  data_adc2=analogRead(1);
  pressure_psi2=0.1054479720744681*(data_adc2);
  hasil2=pressure_psi2-18.03+60;
```

```
data_adc3=analogRead(2);
pressure_psi3=0.1054479720744681*(data_adc3);
hasil3=pressure_psi3-18.03+10;

hasil4=hasil1-(hasil2+hasil3);

// Serial.println(" Pressure 1 : " + String(hasil1) + " psi ");
// Serial.println(" Pressure 2 : " + String(hasil2) + " psi ");
// Serial.println(" Pressure 3 : " + String(hasil3) + " psi ");
// Serial.println(" Differential Pressure : " + String(hasil4) + " psi
");
// delay(2000);

Serial.print(hasil1);
Serial.print(";");
Serial.print(hasil2);
Serial.print(";");
Serial.print(hasil3);
Serial.print(";");
Serial.println(hasil4);
delay(2000);

//lcd1.clear();
//lcd1.setCursor(0, 0);
//lcd1.print("Pressure 1");
//lcd1.setCursor(0, 1);
//lcd1.print(hasil1);
//lcd1.print("psi");
//lcd1.clear();
//lcd2.setCursor(0, 0);
//lcd2.print("Pressure 2");
//lcd2.setCursor(0, 1);
//lcd2.print(hasil2);
//lcd2.print("psi");
```



```
//lcd3.clear();  
//lcd3.setCursor(0, 0);  
//lcd3.print("Pressure 3");  
//lcd3.setCursor(0, 1);  
//lcd3.print(hasil3);  
//lcd3.print("psi");  
//delay(2000);
```

```
lcd1.clear();
```

```
lcd1.setCursor(0, 0);  
lcd1.print("Pressure in");
```

```
lcd1.setCursor(0, 1);  
lcd1.print(hasil1);
```

```
lcd1.print(" Psi");
```

```
lcd2.clear();
```

```
lcd2.setCursor(0, 0);  
lcd2.print("Pressure Out 1|2");
```

```
lcd2.setCursor(0, 1);  
lcd2.print(hasil2);
```

```
lcd2.setCursor(5, 1);  
lcd2.print("|");
```

```
lcd2.setCursor(6, 1);  
lcd2.print(hasil3);
```

```
lcd2.setCursor(13, 1);  
lcd2.print("Psi");  
lcd3.clear();
```

```
lcd3.setCursor(0, 0);  
lcd3.print("Differential P.");
```

```
lcd3.setCursor(0, 1);  
lcd3.print(hasil4);
```

```
lcd3.print(" psi");  
delay(2000);  
}
```



LAMPIRAN F

LISTING PROGRAM PADA VISUAL STUDIO 2013

```
Imports System.Data
Imports System.Threading
Imports System.IO.Ports
Imports System.ComponentModel
Imports System.Data.OleDb
Imports MySql.Data.MySqlClient
Public Class Form1
    Dim Alldata As String
    Dim i As Integer
    Dim aryTextFile() As String
    Dim myport As Array
    Delegate Sub SetTextCallBack(ByVal [text] As
String)
    Dim MysqlConn As MySqlConnection
    Dim COMMAND As MySqlCommand

    Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As
EventArgs) Handles MyBase.Load
        myport = IO.Ports.SerialPort.GetPortNames
        ComboBox1.Items.AddRange(myport)

        ComboBox2.Items.AddRange(IO.Ports.SerialPort.GetPortNam
es)

    End Sub

    Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Button2.Click
        Timer2.Start()
        SerialPort1.PortName = ComboBox1.Text
        SerialPort1.BaudRate = ComboBox2.Text
        SerialPort1.Open()

        Button2.Enabled = True
        Button3.Enabled = True
        MysqlConn = New MySqlConnection
```

```
MysqlConn.ConnectionString =  
"server=localhost;userid=hafiidhaqu;password=uryuishid  
a;database=pressure"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Button3_Click(sender As Object, e As  
EventArgs) Handles Button3.Click  
    SerialPort1.Close()  
    Button2.Enabled = False  
    Button3.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub SerialPort1_DataReceived(ByVal sender  
As System.Object, ByVal e As  
System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs) Handles  
SerialPort1.DataReceived
```

```
    ReceivedText(SerialPort1.ReadLine())
```

```
End Sub
```

```
Private Sub ReceivedText(ByVal text As String)  
    If Me.RichTextBox2.InvokeRequired Then  
        Dim x As New SetTextCallBack(AddressOf  
ReceivedText)
```

```
        Me.Invoke(x, New Object() {(text)})
```

```
    Else
```

```
        Me.RichTextBox2.Text &= (text)
```

```
        TextBox1.Text = RichTextBox2.Text
```

```
        RichTextBox2.Clear()
```

```
        Alldata = TextBox1.Text
```

```
        aryTextFile = text.Split(";")
```

```
    Try
```

```
        TextBox2.Text = aryTextFile(0)
```

```
        TextBox3.Text = aryTextFile(1)
```

```
        TextBox4.Text = aryTextFile(2)
```

```
        MysqlConn.Open()
```

```
        Dim query As String
```



```
        query = "insert into pressure2  
(tanggal,waktu,pressure_in,pressure_out1,pressure_out2,  
differential_pressure) values ('" & Label4.Text & "',  
'" & Label3.Text & "', '" & TextBox2.Text & "', '" &  
TextBox3.Text & "', '" & TextBox4.Text & "', '" &  
TextBox5.Text & "')
```

```
        COMMAND = New MySqlCommand(query,  
MysqlConn)  
        COMMAND.ExecuteNonQuery()  
        MysqlConn.Close()
```

```
        Catch ex As Exception  
            MessageBox.Show(ex.Message)  
        Finally  
            MysqlConn.Dispose()
```

```
    End Try
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As  
EventArgs) Handles Timer1.Tick  
    Label3.Text = Format(Now, "HH:mm:ss")  
    Label4.Text = Format(Now, "dd-MM-yyyy")
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer2_Tick(sender As Object, e As  
EventArgs) Handles Timer2.Tick  
    Me.Chart1.Series("Diff.  
P").Points.AddY(TextBox5.Text)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TextBox5_TextChanged(sender As Object,  
e As EventArgs) Handles TextBox5.TextChanged  
    TextBox5.Text = TextBox2.Text - TextBox3.Text
```

```
End Sub
```

```
End Class
```

LAMPIRAN G SERTIFIKAT KALIBRASI

SERTIFIKAT KALIBRASI

CALIBRATION CERTIFICATE

S. 14 012 257

IDENTITAS ALAT

Equipment identification

Nama

DIGITAL PRESSURE GADGE

Model

Merk/Pabrik

= MENSON

Manufaktur

Tipe/Nomor Seri

= 2500 / 720640

Operasional / Standar

Rentang ukur / (-15 sampai 35) psi

lain-lain

Resolusi / $\geq 0,001$ psi

Other

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identification

Nama

DINAS PERINDUSTRIAN DAN PERDAGANGAN

Unit/instansi

PROVINSI JAWA TIMUR

Alamat

= Jl. Saradenkarna Ujung II / 42 Po, Bcs 4110 - Surabaya

Telepon

Sertifikat ini terdiri dari 4 halaman
The Certificate consists of 4 pages

Diterbitkan tanggal 18 - 11 - 2014
Date of Issue

Kepala Laboratorium Kalibrasi
Head of Calibration Laboratory

Suyitno, A.Md.
NDC. 15005

This English version of the calibration certificate is of a binding character.
If any matters give rise to controversy, the Indonesian original version shall be used.

Tidak diperbolehkan memperbanyak/menggunakan data hasil pengukuran tanpa izin tertulis dari PT. KALIMAH.

It is not permitted to reproduce or use the measurement data without the written permission of PT. KALIMAH.

Sertifikat ini sah jika telah ditandatangani cap PT. KALIMAH dan ditandatangani oleh pejabat yang berwenang.

This certificate is valid if it has been approved and signed by authorized person.

Farm sertifikat ini berlaku sejak tanggal 01 Januari 2005 sebagai pengganti farm sebelumnya.

This version of certificate is valid since January 01st, 2005 as replacement of the previous version.

Nama / Item : DIGITAL PRESSURE GAUGE

Temp. / No. Ser. / (Temp. Serial No.) : 2106 / 721840

BANK KALIBRAS / CALIBRATION WEIGHT

Teluran Negara / Digital pressure		
Pembacaan Alat / Number	Kardus / Comparison (psi)	
	mark / Up	mark / Down
-2,000	0,000	0,001
-4,000	0,001	0,001
-6,000	0,001	0,001
-8,000	0,001	0,002
-10,000	0,001	0,001
-12,000	0,001	0,001
Ketidakpastian kalibrasi / Calibration Uncertainty ± 0,000 psi		

Catatan / Note

-Nilai sebenarnya adalah Pembacaan Alat ditambah koreksi

Corrections are added to the reading for each and every reading

Untuk informasi selengkapnya dapat menghubungi sekretariat / For more information please contact the secretary

Kampus Gajah Gladiok Blok AA1-16, St. 16 Jln 16, Jl. M.H. Tjiandjati KM. 7, Kebayoran Baru, Kecamatan Kuning, Provinsi Tangerang 10142
Telp. 021 55774100, 021 56743334, 021 56701330 Fax. 021 56735586, Home Page / Web : www.kalibrasi.co.id

* Untuk informasi selengkapnya dapat menghubungi sekretariat / For more information please contact the secretary
* Kualitas ini sah jika telah ditandai cap PT KALIBRAS dan ditandatangani oleh pejabat yang berwenang

Nama / No.

DIGITAL PRESSURE GAUGE

Tipe : 40, Seri / Nomor : 2000 / 7104-01

HASIL KALIBRASI / CALIBRATION

Tekanan Positif / Positive pressure		
Pointasi Alat / Pointing	Koreksi / Correction	
	(psi)	
(psi)	awal / e.g	akhir / After
0,000	-0,001	-0,001
4,000	-0,001	-0,001
6,000	-0,001	-0,001
8,000	-0,001	-0,002
10,000	-0,001	-0,002
12,000	-0,001	-0,002
14,000	-0,001	-0,002
15,000	-0,001	-0,003
Ketidakseragaman kalibrasi / Calibration Uncertainty $\pm 0,004$ psi		

Catatan / Note

Nilai selanjutnya adalah Pembacaan Alat ditambah koreksi

Certificate is valid for 60 working days after final reading.

Untuk informasi selanjutnya dapat menghubungi teknisi kami / For further information please contact us



Nangrat Grati Berles Blok AA-10, B5-10, B1-10, J. MLI-Trendis Rd. 7, Kebon Nenas, Pemanggarayan, Pajang, Tanggung 75143
 Telp: 021 52734565, 021 52730204, 021 52791266 Fax: 021 52755664, Home Page : <http://www.kalimas.com>

Tidak akan kami tanggung jawab jika ada kesalahan kalibrasi ini karena ini hanya PT KALIMAN
 * Berikatnya ini jika hasil di atas ini dari PT KALIMAN dan oleh karena itu ini adalah hasil dari kalibrasi

LAMPIRAN H DATA UJI SENSOR

Tabel H.1. Pembacaan Sensor 1

Set Point (psi)	Pembacaan Naik				Pembacaan Turun			
	Standard		UUT		Standard		UUT	
	1	2	1	2	1	2	1	2
2	2,01	2	1,9	1,9	2,64	2,32	2,53	2,21
4	4,14	4,12	3,9	3,9	4,26	4	4,11	3,69
6	6,07	6,01	5,8	5,69	6,6	6,33	6,32	6,01
8	8,21	8,03	7,8	7,59	8,47	8,09	9,01	7,59
10	10,08	10,7	9,49	10,23	10,55	10,07	10,01	9,49
12	12,02	12,1	11,39	11,49	12,4	12,05	11,7	11,39
14	14	14,43	13,28	13,6	13,5	13,05	12,55	12,33

Tabel H.2. Perhitungan Sensor 1

Rata-Rata Standard	Rata-Rata UUT	Koreksi	$y_i - y'$	$(y_i - y')^2$	$t_i \cdot y_i$ (std x koreksi)	t_i^2	Y regresi	Residu	SR
psi	psi	psi							
2,13	2,25	-0,12	-0,24	0,057714	-0,2589	4,5298	-0,15749	0,04	0,0013
4,05	3,98	0,08	-0,04	0,001756	0,3108	16,4295	-0,06706	0,14	0,0207
6,08	6,13	-0,04	-0,16	0,025676	-0,2535	37,0069	0,0283	-0,07	0,0049
8,03	8,09	-0,06	-0,18	0,031888	-0,4819	64,5077	0,11982	-0,18	0,0323
10,19	9,97	0,21	0,09	0,008980	2,1732	103,7682	0,22106	-0,01	0,0001
11,91	11,74	0,17	0,05	0,002819	2,0443	141,8084	0,30193	-0,13	0,0170
13,64	13,05	0,59	0,47	0,223819	8,0723	186,1405	0,38343	0,21	0,0434

Tabel H.3. Hasil Uji Sensor 1

SD	Ua1	Ua2	Ub1	Ub2	Uc	Veff	k	Uexp
0,2424	0,0916	0,154636	0,002887	0,0045	0,179826	9,768387	2,228	0,400653

Tabel H.4. Error, Akurasi dan Presisi Sensor 1

No.	set poin	tekanan STD	tekanan terukur	error			akurasi	presisi
1	2,00	2,01	1,90	-0,11	5,24	%	0,95	0,94
2	4,00	4,13	3,90	-0,23	5,57	%	0,94	0,94
3	6,00	6,04	5,75	-0,30	4,88	%	0,95	0,95
4	8,00	8,12	7,70	-0,42	5,23	%	0,95	0,94
5	10,00	10,39	9,86	-0,53	5,10	%	0,95	1,00
6	12,00	12,06	11,44	-0,62	5,14	%	0,95	0,95
7	14,00	14,22	13,44	-0,78	5,45	%	0,95	0,94
rata-rata				-0,43			0,95	0,95

Tabel H.5. Pembacaan Sensor 2

Set Point (psi)	Pembacaan Naik				Pembacaan Turun			
	Standard		UUT		Standard		UUT	
	1	2	1	2	1	2	1	2
2	2,1	2,02	2	1,9	2,32	2,07	2,11	2
4	4,01	4,34	3,79	4,11	4,48	4,07	4,21	3,79
6	6,35	6,76	6,01	6,43	6,76	6,06	6,43	5,69
8	8,21	8,3	7,8	7,91	8,3	8,01	7,8	7,59
10	9,41	9,59	9,41	9,2	10,33	10,02	9,8	9,49
12	12,1	12,52	11,49	11,91	12,1	12,05	11,81	11,34
14	14,39	14,29	13,09	13,6	14,45	14,05	13,71	13,28

Tabel H.6. Perhitungan Sensor 2

Rata-Rata	Rata-Rata	Koreksi	yi-y'	(yi-y')^2	ti.yi (std x koreksi)	ti^2	Y regresi	Residu	SR
Standard	UUT								
psi	Psi	psi							
2,07	2,07	0,00	-0,13	0,015744	0,0034	4,2780	0,012316	-0,01	0,0001
4,13	4,08	0,06	-0,07	0,004735	0,2411	17,0844	0,051955	0,01	0,0000
6,40	6,23	0,17	0,04	0,001433	1,0552	40,8960	0,095369	0,07	0,0048
8,09	7,90	0,19	0,06	0,003543	1,5098	65,4211	0,127874	0,06	0,0035
9,66	9,71	-0,05	-0,18	0,030792	-0,4669	93,3156	0,158043	-0,21	0,0426
12,03	11,78	0,25	0,12	0,013890	2,9469	144,6808	0,203505	0,04	0,0017
13,98	13,70	0,28	0,15	0,023878	3,9372	195,3938	0,240937	0,04	0,0017

Tabel H.7. Hasil uji Sensor 2

SD	Ua1	Ua2	Ub1	Ub2	Uc	Veff	k	Uexp
0,0848	0,0320	0,087419	0,002887	0,0045	0,093256	7,632826	2,306	0,215049

Tabel H.8. Error, Akurasi dan Presisi Sensor 2

No.	set poin	tekanan STD	tekanan terukur	error			akurasi	presisi
1	2,00	2,06	1,95	-0,11	5,34	%	0,95	0,94
2	4,00	4,18	3,95	-0,23	5,50	%	0,95	0,94
3	6,00	6,56	6,22	-0,34	5,18	%	0,95	0,95
4	8,00	8,26	7,86	-0,40	4,84	%	0,95	0,95
5	10,00	9,50	9,31	-0,19	2,00	%	0,98	0,98
6	12,00	12,31	11,70	-0,61	4,96	%	0,95	0,95
7	14,00	14,34	13,35	-0,99	6,90	%	0,93	0,92
rata-rata				-0,41			0,95	0,95

Tabel H.9. Pembacaan Sensor 3

Set Point (psi)	Pembacaan Naik				Pembacaan Turun			
	Standard		UUT		Standard		UUT	
	1	2	1	2	1	2	1	2
2	2,12	2,75	1,9	2,53	2,25	2,08	2,11	1,9
4	4,17	4,64	3,79	4,32	4,42	4,32	4,11	4
6	6,08	6,08	5,69	6,43	6,65	6,45	6,11	6,51
8	8,09	8,43	7,54	7,8	8,67	8,3	8,12	7,91
10	10,36	10,5	9,8	9,41	10,74	10,45	10,12	9,91
12	12,02	12,25	11,39	11,6	12,53	11,25	11,81	11,6
14	14,1	14,06	13,28	13,84	14,6	14,1	13,81	13,28

Tabel H.10. Perhitungan Sensor 3

Rata-Rata	Rata-Rata	Koreksi	yi-y'	(yi-y')^2	ti.yi (std x koreksi)	ti^2	Y regresi	Residu	SR	
Standard	UUT									
psi	psi									psi
2,27	2,13	0,14	0,04	0,001581	0,3256	5,1605	0,063608	0,08	0,0064	
4,28	4,16	0,12	0,01	0,000171	0,4989	18,2899	0,077267	0,04	0,0016	
6,23	6,31	-0,08	-0,18	0,032486	-0,4776	38,8129	0,090575	-0,17	0,0280	
8,14	8,06	0,08	-0,02	0,000480	0,6646	66,2325	0,103576	-0,02	0,0005	
10,21	10,07	0,14	0,03	0,001208	1,4124	104,244	1	0,11769	0,02	0,0004
11,84	11,70	0,14	0,04	0,001581	1,6971	140,185	6	0,128795	0,01	0,0002
14,00	13,82	0,18	0,07	0,005589	2,4961	195,906	7	0,143488	0,03	0,0012

Tabel H.11. Hasil Uji Sensor 3

SD	Ua1	Ua2	Ub1	Ub2	Uc	Veff	k	Uexp
0,0848	0,0320	0,087419	0,002887	0,0045	0,093256	7,632826	2,306	0,215049

Tabel H.12. Error,Akurasi dan Presisi Sensor 3

No.	set poin	tekanan STD	tekanan terukur	error			akurasi	presisi
1,00	2,00	2,44	2,22	-0,22	9,02	%	0,91	0,90
2,00	4,00	4,41	4,06	-0,35	7,94	%	0,92	0,91
3,00	6,00	6,08	6,06	-0,02	0,33	%	0,94	0,94
4,00	8,00	8,26	7,67	-0,59	7,14	%	0,93	0,92
5,00	10,00	10,43	9,61	-0,82	7,86	%	0,92	0,91
6,00	12,00	12,14	11,50	-0,64	5,27	%	0,95	0,94
7,00	14,00	14,08	13,56	-0,52	3,69	%	0,96	0,96
rata-rata				-0,45			0,93	0,93

Tabel H.13. Data Tegangan keluaran

No	STD	Alat	Vout
	psig	psig	volt
1	5	5.16	1.08
2	10	10	1.3
3	15	14.96	1.52
4	20	19.88	1.75
5	25	24.79	1.92

LAMPIRAN I PENGAMBILAN DATA

Tabel I.1. Data 1 *Differential Pressure*

No	Waktu (detik)	Pressure In	Pressure Out 1	Pressure Out 2	Differential Pressure
1	4	13,92	0,11	0,42	13,81
2	8	8,96	0,32	0,42	8,65
3	12	12,13	0,21	0,42	11,92
4	16	14,13	0,11	0,42	14,02
5	20	8,75	0,11	0,42	8,65
6	24	12,13	0,32	0,32	11,81
7	28	13,6	0,21	0,32	13,39
8	32	8,44	0,21	0,53	8,22
9	36	12,23	0,21	0,42	12,02
10	40	11,18	0,21	0,32	10,97
11	44	10,65	0,32	0,42	10,33
12	48	14,34	0,11	0,42	14,24
13	52	8,65	0,21	0,42	8,44
14	56	12,13	0,21	0,42	11,92
15	60	10,86	0,11	0,42	10,76
16	64	11,71	0,21	0,42	11,49
17	68	14,03	0,21	0,42	13,81
18	72	9,07	0,21	0,42	8,86
19	76	14,03	0,11	0,42	13,92
20	80	8,96	0,32	0,42	8,65

Tabel I.1. Data 1 *Differential Pressure* (lanjutan)

No	Waktu (detik)	Pressure In	Pressure Out 1	Pressure Out 2	Differential Pressure
21	84	12,23	0,21	0,42	12,02
22	88	13,39	0,21	0,42	13,18
23	92	9,07	0,21	0,42	8,86
24	96	13,6	0,21	0,42	13,39
25	100	9,7	0,21	0,42	9,49
26	104	12,13	0,11	0,53	12,02
27	108	13,82	0,21	0,42	13,6
28	112	8,96	0,11	0,42	8,86
29	116	14,34	0,11	0,11	14,24
30	120	8,75	0,21	0,32	8,54
31	124	12,13	0,21	0,42	11,92
32	128	10,55	0,21	0,42	10,33
33	132	12,23	0,11	0,53	12,13
34	136	12,87	0,32	0,42	12,55
35	140	10,44	0,21	0,42	10,23
36	144	14,45	0,21	0,42	14,24
37	148	8,96	0,21	0,42	8,75
38	152	14,66	0,32	0,32	14,34
39	156	8,23	0,21	0,42	8,01
40	160	12,87	0,11	0,42	12,76
41	164	9,28	0,11	0,32	9,17
42	168	12,44	0,32	0,42	12,13

Tabel I.1. Data 1 *Differential Pressure* (lanjutan)

No	Waktu (detik)	Pressure In	Pressure Out 1	Pressure Out 2	Differential Pressure
43	172	11,18	0,21	0,32	10,97
44	176	12,13	0,11	0,42	12,02
45	180	11,81	0,21	0,42	11,6
rata-rata		11,56	0,20	0,40	11,36

Tabel I.2. Data 2 *Differential Pressure*

No	Waktu (detik)	Pressure In	Pressure Out 1	Pressure Out 2	Differential Pressure
1	4	11,39	0,11	0,32	11,28
2	8	13,6	0,21	0,42	13,39
3	12	9,39	0,21	0,42	9,17
4	16	14,45	0,32	0,42	14,13
5	20	8,54	0,21	0,42	8,33
6	24	12,76	0,21	0,53	12,55
7	28	9,18	0,21	0,32	8,96
8	32	11,92	0,21	0,42	11,7
9	36	9,7	0,21	0,32	9,49
10	40	12,44	0,11	0,42	12,34
11	44	9,39	0,11	0,21	9,28
12	48	12,23	0,21	0,42	12,02
13	52	8,86	0,21	0,42	8,65
14	56	13,08	0,11	0,42	12,97
15	60	8,44	0,11	0,32	8,33

Tabel I.2. Data 2 Differential Pressure (lanjutan)

No	Waktu (detik)	Pressure In	Pressure Out 1	Pressure Out 2	Differential Pressure
16	64	13,92	0,21	0,32	13,71
17	68	8,23	0,32	0,32	7,91
18	72	14,66	0,11	0,42	14,55
19	76	8,12	0,21	0,32	7,91
20	80	14,76	0,21	0,42	14,55
21	84	9,39	0,42	0,53	8,96
22	88	13,29	0,21	0,42	13,08
23	92	12,44	0,21	0,42	12,23
24	96	9,7	0,21	0,32	9,49
25	100	12,55	0,21	0,32	12,34
26	104	8,23	0,32	0,32	7,91
27	108	15,08	0,21	0,42	14,87
28	112	9,91	0,11	0,42	9,81
29	116	12,23	0,21	0,32	12,02
30	120	12,44	0,21	0,42	12,23
31	124	8,44	0,21	0,32	8,22
32	128	14,87	0,21	0,42	14,66
33	132	9,6	0,21	0,42	9,38
34	136	12,02	0,21	0,42	11,81
35	140	12,44	0,11	0,42	12,34
36	144	8,02	0,21	0,42	7,8

Tabel I.2. *Data 2 Differential Pressure (lanjutan)*

No	Waktu (detik)	Pressure In	Pressure Out 1	Pressure Out 2	Differential Pressure
37	148	14,55	0,21	0,42	14,34
38	152	12,44	0	0,63	12,44
39	156	8,44	0,21	0,42	8,22
40	160	15,08	0,21	0,42	14,87
41	164	12,02	0,21	0,42	11,81
42	168	8,44	0,21	0,32	8,22
43	172	15,08	0,21	0,42	14,87
44	176	12,34	0,32	0,42	12,02
45	180	8,12	0,32	0,42	7,8
rata-rata		11,38	0,20	0,40	11,18

Tabel I.3. *Data 3 Differential Pressure*

No	Time	Pressure In	Pressure Out 1	Pressure Out 2	Differential Pressure
1	4	8,12	0,21	0,42	7,91
2	8	11,6	0,21	0,32	11,39
3	12	13,5	0,21	0,42	13,29
4	16	11,07	0,21	0,42	10,86
5	20	8,65	0,32	0,42	8,33
6	24	13,71	0,21	0,32	13,5
7	28	12,23	0,11	0,42	12,13
8	32	10,02	0,11	0,32	9,91
9	36	8,65	0,11	0,32	8,54

Tabel I.3. Data 3 Differential Pressure (lanjutan)

No	Waktu (detik)	Pressure In	Pressure Out 1	Pressure Out 2	Differential Pressure
10	40	13,08	13,08	0,42	12,86
11	44	13,92	0,21	0,42	13,71
12	48	12,55	0,21	0,63	12,34
13	52	8,96	0,21	0,42	8,75
14	56	8,65	0,21	0,42	8,44
15	60	12,23	0,11	0,53	12,13
16	64	14,76	0,21	0,42	14,55
17	68	12,44	0,21	0,42	12,23
18	72	12,02	0,21	0,32	11,81
19	76	8,65	0,21	0,42	8,44
20	80	8,44	0,21	0,53	8,22
21	84	11,28	0,21	0,32	11,07
22	88	14,76	0,21	0,53	14,55
23	92	12,87	0,21	0,42	12,65
24	96	12,44	0,42	0,42	12,02
25	100	8,86	0,21	0,42	8,65
26	104	8,12	0,21	0,42	7,91
27	108	10,34	0,21	0,32	10,12
28	112	14,24	0,11	0,32	14,13
29	116	14,34	0,11	0,42	14,24
30	120	12,76	0,21	0,42	12,55

Tabel I.3. Data 3 Differential Pressure (lanjutan)

No	Waktu (detik)	Pressure In	Pressure Out 1	Pressure Out 2	Differential Pressure
31	124	10,44	0,21	0,42	10,23
32	128	7,59	0,21	0,42	7,38
33	132	8,96	0,21	0,32	8,75
34	136	13,5	0,11	0,42	13,39
35	140	14,66	0,21	0,32	14,45
36	144	12,76	0,11	0,53	12,65
37	148	12,13	0,21	0,42	11,92
38	152	8,44	0,11	0,32	8,33
39	156	7,91	0,21	0,32	7,7
40	160	10,44	0,21	0,42	10,23
41	164	14,66	0,21	0,32	14,45
42	168	14,34	0,21	0,42	14,13
43	172	12,87	0,11	0,42	12,76
44	176	12,13	0,11	0,42	12,02
45	180	11,81	0,21	0,42	11,6
rata-rata		11,36	0,19	0,41	11,17

Tabel I.4. Data 4 Differential Pressure

No	Waktu (detik)	Pressure In	Pressure Out 1	Pressure Out 2	Differential Pressure
1	4	12,13	0,11	0,32	12,02
2	8	8,54	0,21	0,42	8,33
3	12	14,24	0,21	0,42	14,02

Tabel I.4. Data 4 Differential Pressure (lanjutan)

No	Waktu (detik)	Pressure In	Pressure Out 1	Pressure Out 2	Differential Pressure
4	16	12,23	0,21	0,42	12,02
5	20	8,44	0,21	0,32	8,22
6	24	12,13	0,21	0,42	11,92
7	28	13,18	0,11	0,42	13,08
8	32	11,92	0,32	0,32	11,6
9	36	8,23	0,21	0,42	8,01
10	40	10,34	0,21	0,42	10,12
11	44	14,66	0,21	0,32	14,45
12	48	12,55	0,21	0,42	12,34
13	52	11,5	0,11	0,32	11,39
14	56	8,23	0,21	0,32	8,01
15	60	9,28	0,21	0,32	9,07
16	64	12,34	0,32	0,53	12,02
17	68	14,55	0,21	0,42	14,34
18	72	13,08	0,21	0,42	12,86
19	76	12,44	0,11	0,42	12,34
20	80	11,39	0,11	0,53	11,28
21	84	8,96	0,21	0,42	8,75
22	88	8,02	0,11	0,42	7,91
23	92	8,86	0,11	0,32	8,75
24	96	10,65	0,21	0,42	10,44

Tabel I.4. Data 4 *Differential Pressure* (lanjutan)

No	Waktu (detik)	Pressur e In	Pressure Out 1	Pressure Out 2	Differential Pressure
25	100	12,76	0,21	0,42	12,55
26	104	14,24	0,21	0,42	14,02
27	108	14,45	0,21	0,42	14,24
28	112	13,39	0,21	0,42	13,18
29	116	12,23	0,21	0,42	12,02
30	120	12,66	0,11	0,42	12,55
31	124	12,13	0,21	0,42	11,92
32	128	11,18	0,21	0,42	10,97
33	132	9,91	0,21	0,32	9,7
34	136	8,54	0,21	0,32	8,33
35	140	8,02	0,21	0,42	7,8
36	144	8,12	0,11	0,53	8,01
37	148	8,33	0,11	0,32	8,22
38	152	9,6	0,32	0,42	9,28
39	156	11,07	0,21	0,32	10,86
40	160	12,76	0,21	0,42	12,55
41	164	14,03	0,21	0,42	13,81
42	168	14,87	0,32	0,42	14,55
43	172	14,34	0,21	0,42	14,13
44	176	13,18	0,11	0,42	13,08
45	180	12,66	0,21	0,42	12,44
rata-rata		11,47	0,20	0,40	11,28

Tabel I.5. Data 5 Differential Pressure

No	Waktu (detik)	Pressure In	Pressure Out 1	Pressure Out 2	Differential Pressure
1	4	13,71	0,11	0,32	13,6
2	8	13,18	0,11	0,53	13,08
3	12	12,13	0,21	0,42	11,92
4	16	11,07	0,21	0,42	10,86
5	20	8,65	0,21	0,32	8,44
6	24	9,39	0,32	0,42	9,07
7	28	11,71	0,21	0,42	11,49
8	32	13,82	0	0,42	13,81
9	36	14,13	0,21	0,42	13,92
10	40	13,29	0,21	0,42	13,08
11	44	12,13	0,32	0,53	11,81
12	48	12,23	0,21	0,53	12,02
13	52	11,92	0,21	0,42	11,7
14	56	11,39	0,21	0,42	11,18
15	60	10,23	0,21	0,42	10,02
16	64	9,39	0,32	0,42	9,07
17	68	8,44	0,21	0,53	8,22
18	72	8,33	0,11	0,42	8,22
19	76	8,86	0,21	0,21	8,65
20	80	9,7	0,21	0,42	9,49
21	84	10,76	0,21	0,42	10,54
22	88	12,13	0,21	0,42	11,92

Tabel I.5. Data 5 *Differential Pressure* (lanjutan)

No	Waktu	Pressure In	Pressure Out 1	Pressure Out 2	Differential Pressure
23	92	13,18	0,21	0,42	12,97
24	96	14,03	0,21	0,42	13,81
25	100	14,55	0,21	0,42	14,34
26	104	14,45	0,21	0,32	14,24
27	108	14,03	0,21	0,42	13,81
28	112	13,71	0,32	0,42	13,39
29	116	13,39	0,11	0,42	13,29
30	120	12,87	0,21	0,42	12,65
31	124	12,34	0,11	0,21	12,23
32	128	12,23	0,21	0,42	12,02
33	132	12,23	0,21	0,42	12,02
34	136	12,23	0,21	0,42	12,02
35	140	12,13	0,11	0,53	12,02
36	144	12,13	0,21	0,53	11,92
37	148	11,92	0,21	0,42	11,7
38	152	11,92	0,21	0,42	11,7
39	156	11,92	0,11	0,42	11,81
40	160	12,02	0,21	0,42	11,81
41	164	12,23	0,11	0,42	12,13
42	168	12,34	0,11	0,42	12,23

Tabel I.5. Data 5 *Differential Pressure* (lanjutan)

No	Waktu	Pressure In	Pressure Out 1	Pressure Out 2	Differential Pressure
43	172	12,34	0,21	0,53	12,13
44	176	12,34	0,32	0,32	12,02
45	180	12,23	0,21	0,32	12,02
rata-rata		11,99	0,20	0,42	11,79

BIODATA PENULIS



Nama Penulis, Hafiid Haqu dilahirkan di Pangkalan Bun , 09 Februari 1994. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Papar 2, SMPN 1 Papar, dan SMAN 8 Kediri. Pada tahun 2011, penulis mengikuti Seleksi mahasiswa baru diploma 3 dan diterima di Jurusan Metrologi dan Instrumentasi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dengan NRP 2412031031. Penulis mengambil Tugas

Akhir dengan judul RANCANG BANGUN *DIFFERENTIAL PRESSURE MONITORING SYSTEM UNTUK MENGANALISA KEMAMPUAN MEMBRAN REVERSE OSMOSIS PADA MINI PLANT SEAWATER REVERSE OSMOSIS* BERBASIS ARDUINO DI WORKSHOP INSTRUMENTASI, dengan bidang minat Instrumentasi. Apabila ada pertanyaan tentang Tugas Akhir penulis, dapat menghubungi 085749105334 dan E-mail hafiidhaqu@gmail.com.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses <i>Reverse Osmosis</i>	6
Gambar 2.2 <i>1 Stage of Reverse Osmosis System</i>	6
Gambar 2.3 Membran <i>Reverse Osmosis</i>	7
Gambar 2.4 <i>Filtration Spectrum</i> Pada Sistem <i>Seawater Reverse Osmosis</i>	7
Gambar 2.5 Diagram Blok <i>Monitoring System</i>	8
Gambar 2.6 Sensor <i>Pressure Sensor</i> Tekanan Tipe MPX5700AP	9
Gambar 2.7 <i>Booster Pump</i>	10
Gambar 2.8 Arduino Uno	11
Gambar 2.9 Tampilan <i>interface</i> pada Visual Basic 6.0	13
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Pengerjaan Tugas Akhir	15
Gambar 3.2. <i>Feed Water Tank</i>	16
Gambar 3.3. <i>Make Up Water Tank</i>	16
Gambar 3.4. <i>Reject Water Tank</i>	17
Gambar 3.5. Membran <i>Reverse Osmosis</i>	17
Gambar 3.6. Filters	18
Gambar 3.7. <i>Booster Pump</i>	18
Gambar 3.8. Sensor <i>Pressure</i> MPX5700AP	19
Gambar 3.9. Blok Flow Diagram dari Rancang Bangun SWRO	19
Gambar 3.10. Proses Flow Diagram dari Rancang Bangun SWRO	20
Gambar 3.11. <i>Piping and Instrument Diagram</i>	21
Gambar 3.12. Hook Up Drawing	21
Gambar 3.13. Tampilan <i>software</i> Arduino 1.0.6	23
Gambar 3.14. Tampilan <i>software</i> Visual Studio 2013	24
Gambar 4.1. Diagram Blok <i>Monitoring System</i>	25
Gambar 4.2. Grafik pembacaan standart dan terukur sensor 1	28
Gambar 4.3. Grafik <i>Error</i> Sensor 1	28
Gambar 4.4. Tingkat Akurasi dan Presisi Pembacaan Sensor 1	29
Gambar 4.5. Grafik pembacaan standart dan terukur sensor 2	30
Gambar 4.6. Grafik <i>Error</i> Sensor 2	30

Gambar 4.7. Tingkat Akurasi dan Presisi Pembacaan Sensor 2	31
Gambar 4.8. Grafik pembacaan standart dan terukur sensor 3	32
Gambar 4.9. Grafik <i>Error</i> Sensor 3	32
Gambar 4.10. Tingkat Akurasi dan Presisi Pembacaan Sensor 3	33
Gambar 4.11. Grafik Data 1 <i>Differential Pressure</i> terhadap Waktu	34
Gambar 4.12. Grafik Data 2 <i>Differential Pressure</i> terhadap Waktu	34
Gambar 4.13. Grafik Data 3 <i>Differential Pressure</i> terhadap Waktu	35
Gambar 4.14. Grafik Data 4 <i>Differential Pressure</i> terhadap Waktu	35
Gambar 4.15. Grafik Data 5 <i>Differential Pressure</i> terhadap Waktu	36